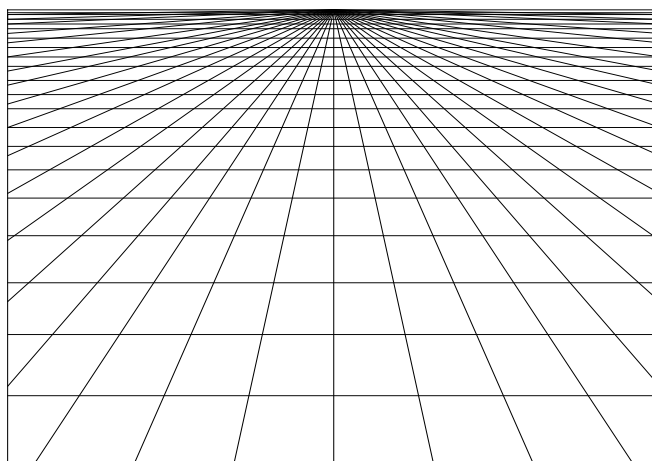




UNIVERSITETET I OSLO  
DET SAMFUNNSVITENSKAPELIGE FAKULTET

TIK

Senter for Teknologi, Innovasjon og Kultur  
P.O. BOX 1108 Blindern  
N-0317 OSLO, Norge  
<http://www.tik.uio.no>



TIK-MASTEROPPGAVE

**"Teknologiske Innovasjonssystemer: en casestudie av en norsk  
aktør innen bølgekraft"**

Joakim Oskarsen

2009

Antall ord: 22 770



## Forord

Jeg vil starte med å takke veilederen min, Olav Wicken, for inspirerende samtaler og utfyllende, konkrete tilbakemeldinger.

Samtidig vil jeg takke mine medstudenter for to fine år sammen på Senter for Teknologi, Innovasjon og Kultur. Ingen nevnt, og ingen glemt.

Takk til alle som stilte opp som informanter. En spesiell takk rettes til Anders Tørud, i Pelagic Power AS, for å ha vært samarbeidsvillig og tilgjengelig gjennom hele skriveprosessen. Uten hans bidrag ville ikke denne avhandlingen blitt realisert.

Sist, men ikke minst vil jeg takke min familie. Takk til mamma og pappa for all mulig støtte gjennom studiene, og at dere aldri mistet troen på at jeg skulle klare det. Takk til bestemor for at du er til, du er solstrålen som alltid gir av deg selv. Takk til mine brødre, Jonas og Daniel, for at de ikke har gitt meg mer tyn for at det har vært så lenge mellom hver gang jeg fått besøkt dem. Det har vært en lang vei å gå, men endelig er jeg i mål.

Eventuelle feil og mangler i oppgaven tar jeg personlig ansvar for.

Oslo, 31. mai, 2009

Joakim Oskarsen



## **Sammendrag**

Denne masteroppgaven ser på innovasjonsprosessen i et firma som arbeider med å utvikle teknologi innen bølgekraft. Innovasjonsprosessen er analysert som systembyggende aktivitet rundt teknologien, med utgangspunkt i teori om teknologiske innovasjonssystemer. I oppgaven argumenteres det for at et teknologisk innovasjonssystem bør gjennomføre visse aktiviteter, definert som syv funksjoner, for å lykkes med kommersialisering av ny teknologi. Det analytiske rammeverket benyttes så for og påpeke forbedringspotensial i det teknologiske innovasjonssystemet, det vil si hvilke funksjoner som bør vies oppmerksomhet for å øke systemets funksjonalitet.

Ut i fra en forventning om at Pelagic Power AS møter ekstraordinære utfordringer i kommersialiseringsfasen som en aktør i en umoden industri, gjennomføres det også en mer generell analyse av bølgekraftindustrien. I denne analysen tar jeg i bruk et analytisk rammeverk som inkluderer industrifaser, markedsmekanismer og nisjemarkeder.

Jeg benytter meg av kvalitativt forskningsdesign med casestudie tilnærming, der enhet for analysen er et teknologisk, forhåndsdefinert innovasjonssystem bestående av 15 aktører. Datamaterialet består av 5 dybdeintervjuer, interne dokumenter og arkivdata.



# Innhold

|   |           |
|---|-----------|
| <b>"Teknologiske Innovasjonssystemer: en casestudie av en norsk aktør innen bølgekraft"</b> | <b>1</b>  |
| <b>Forord</b>   | <b>3</b>  |
| <b>Sammendrag</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Innhold</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Forkortelser</b>   | <b>10</b> |
| <b>1. Innledning</b>  | <b>11</b> |
| <b>2. Empirisk kontekst</b>   | <b>12</b> |
| 2.1 Carbon "lock-in"  | 12        |
| 2.2 Verdenssamfunnet og klimautfordringene  | 13        |
| 2.3 Norge og klimautfordringene   | 14        |
| <b>3. Teknologien</b>   | <b>15</b> |
| 3.1 Teknologiske utfordringer for utvikling av bølgekraftverk                               | 17        |
| 3.2 Ulike teknologiske løsninger for bølgekraft   | 18        |
| 3.3 Bølgeenergi   | 20        |
| 3.4 "Wave-to-wire", konvertering av bølgeenergi   | 20        |
| <b>4. Analytisk rammeverk: utviklingen av et teknologisk innovasjonssystem</b>              | <b>22</b> |
| 4.1 Innovasjon som et systemisk fenomen   | 22        |
| 4.2 Hva er et teknologisk innovasjonssystem?  | 23        |
| 4.4 Funksjoner i et teknologisk innovasjonssystem   | 24        |
| 4.5 Positiv og negativ interaksjon mellom funksjonene                                       | 29        |
| 4.6 Ytterligere operasjonalisering av systemfunksjonene                                     | 29        |
| 4.3 Systembarrierer   | 30        |
| 4.7 Barrierer mot kommersialisering   | 30        |
| 4.7.1 Ikke-teknologiske barrierer   | 31        |
| 4.8 Markedsmekanismer   | 32        |
| 4.9 Nisjemarkeder   | 32        |
| 4.10 Dominant Design  | 33        |
| 4.11 Forskningsspørsmål   | 36        |
| <b>5. Forskningsdesign og metode</b>  | <b>37</b> |
| 5.1 Forskningsdesign  | 37        |
| 5.2 Casestudier   | 38        |
| 5.3 Valg av case  | 38        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.4 Innsamling av intervjudata .....  | 39        |
| 5.5 Intervjusituasjonen.....  | 39        |
| 5.6 Innsamling annen data .....   | 40        |
| 5.6 Bearbeiding av datamaterialet.....  | 40        |
| 5.4 Reliabilitet, validitet og generalisering.....  | 41        |
| <b>6. Analyse: Systembygging i praksis.....</b>   | <b>43</b> |
| 6.1 Den lange oppstarten: Første forsøk på systembygging (1973-1992) .....                      | 43        |
| 6.1.1 Historisk bakgrunn.....   | 43        |
| 6.1.2 Bølgekraft i Norge.....   | 44        |
| 6.1.3 Japan: En viktig bidragsyter .....  | 45        |
| 6.1.4 Storbritannia: "flying start" og "sudden death" .....                                     | 46        |
| 6.2 Den nye begynnelsen (ca. 2003): Andre forsøk på systembygging rundt bølgekraft i Norge..... | 47        |
| 6.2.1 Leksvik Industriell Vekst (LIV) .....   | 48        |
| 6.2.2 Lycro Creative Development AS (LCD).....  | 49        |
| 6.2.3 Innovative Development and Marketing (IDM) .....  | 49        |
| 6.2.4 Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE).....   | 49        |
| 6.2.5 Pelagic Power AS .....  | 50        |
| 6.2.6 NTNU Technology Transfer Office .....   | 50        |
| 6.2.7 ENOVA .....   | 51        |
| 6.2.8 Innovasjon Norge .....  | 51        |
| 6.2.9 Erling Haug AS.....   | 51        |
| 6.2.10 TermoSveis AS .....  | 51        |
| 6.2.11 Namsos dykkerselskap .....   | 51        |
| 6.2.12 Instrutek AS .....   | 52        |
| 6.2.13 Stjørdal 3D-verksted.....  | 52        |
| 6.2.14 Bernt&Helle Lorentzen .....  | 52        |
| 6.3 Funksjonsanalyse av innovasjonsprosessen til Pelagic Power .....                            | 52        |
| 6.3.1 Begynnelsen .....   | 52        |
| 6.3.2 Det teknologiske innovasjonssystemet tar form.....  | 53        |
| 6.3.3 Ny målsetting: Testing av teknologien i sjø.....  | 55        |
| 6.3.4 Første forsøk på utplassering .....   | 57        |
| 6.3.5 Andre forsøk på utplassering .....  | 59        |
| 6.3.6 Tilbake til tegnebrettet.....   | 60        |
| 6.3.7 Status, mai 2009 .....  | 61        |



|   |    |
|---|----|
| 6.4. Kort sammendrag av funksjonsanalysen.....  | 61 |
| <b>6.5 Hvordan kan Pelagic Power styrke muligheten for å lykkes med kommersialisering av teknologien?</b> ..... | 62 |
| 6.6 Konklusjon .....  | 64 |
| <b>6.6 Hvordan har det faktum at bølgekraft er en umoden industri innvirket på innovasjonsprosessen?</b> .....  | 65 |
| 6.6.1 Et TIS i en industri i "fluid phase" .....  | 65 |
| 6.6.2 De ikke-teknologiske barrierene .....   | 67 |
| 6.6.3 Om mangelen på beskyttede nisjemarkeder .....   | 68 |
| 6.6.4 Konklusjon .....  | 68 |
| <b>7. Avslutning</b> .....  | 69 |
| <b>Litteraturliste</b> .....  | 71 |
| <b>Vedlegg I: Liste over informanter</b> .....  | 75 |
| <b>Vedlegg II: Energienheter</b> .....  | 76 |
| <b>Vedlegg III: Intervjuguide</b> .....   | 77 |

## **Forkortelser**

|      |  |
|------|--|
| DNV  | - Det Norske Veritas                                     |
| EU   | - Europeiske Union                                       |
| FoU  | - Forskning og Utvikling                                 |
| FN   | - Forente Nasjoner                                       |
| IFE  | - Institutt for Energiteknikk                            |
| NIS  | - Nasjonale Innovasjonssystemer                          |
| NTNU | - Norges Teknologiske og Naturvitenskapelige Universitet |
| OED  | - Olje- og Energidepartementet                           |
| PP   | - Pelagic Power AS                                       |
| RIS  | - Regionale Innovasjonssystemer                          |
| TIK  | - Senter for Teknologi, Innovasjon og Kultur             |
| TIS  | - Teknologiske Innovasjonssystemer                       |
| TTO  | -Technology Transfer Office AS                           |
| UiO  | - Universitetet i Oslo                                   |

## 1. Innledning

Det overordnende tema for denne avhandlingen er utvikling av teknologi for nye kilder til fornybar energi.<sup>1</sup> Mer spesifikt omhandler den teknologiutvikling innen bølgekraft, som i dag ikke er konkurransedyktig med andre etablerte energikilder.<sup>2</sup> Videre setter jeg fokus på innovasjonsprosessen i et spesifikt teknologisk innovasjonssystem (TIS). For og lykkes i at teknologien tas i bruk i stort omfang vil jeg argumentere for at systemet må gjennomføre aktivitet på syv identifiserte funksjoner. Systembyggingen jeg skal se nærmere på er ennå i en tidlig fase og systemet er relativt lite med få aktører. Jeg vil også forsøke å sette systembyggingen inn i en større sammenheng, og se på hvilke eventuelle konsekvenser det har for systembyggingen at bølgekraft er en del av en umoden industri.

Denne type undersøkelse er interessant fordi den kan være med på å identifisere flaskehalser i innovasjonsprosessen. Det er flere grunner til at det er viktig å øke hastigheten på både utvikling og kommersialisering av miljøvennlig teknologi. I et strategidokument utarbeidet av Senter for Fornybar Energi<sup>3</sup> omtales disse grunnene som samfunnsdrama. *Klimadramaet* handler om at menneskeheten står overfor betydelige utfordringer og kostnader knyttet til global oppvarming<sup>4</sup>. *"Peak-Oil"-dramaet* peker mot et bredt sett av utfordringer som følger av behovet for å finne nye energikilder når verdens oljereserver tømmes. *Verdidramaet* omhandler det faktum at produksjon og bruk av energi viser seg å reise en lang rekke moralske utfordringer: Hvem skal ha råderett over energien? Hvem har ansvaret for energiknapphet? Hvem skal løse klimaproblemene? Og i Norge blir *"Hva skal Norge leve av når oljen tar slutt"-dramaet* ofte trukket frem i den offentlige debatten. Dette handler om forholdet mellom olje- og gassutvinning og andre næringer i Norge. *Energisikkerhetsdramaet* viser til at energisikkerhet i økende grad har kommet på dagsordenen i mange land grunnet globale petropolitiske forhold bidrar til usikkerhet i energiforsyningen.

---

<sup>1</sup> Bio-, sol-, vind-, bølge-, salt-, geotermisk- og tidevannenergi er vanlig å omtale som nye fornybare energikilder.

<sup>2</sup> For eksempel fossilt brensel og vannkraft.

<sup>3</sup> Senter For Fornybar Energi skal koordinere kompetanse ved NTNU, SINTEF og IFE og ta initiativ til relevante forskningsoppgaver innen fornybare energikilder. Senteret er knyttet opp mot over 250 forskere og 75 doktorgradsstudenter.

<sup>4</sup> Jfr. For eksempel Lavutslippsutvalgets innstilling og Stern-rapporten

## 2. Empirisk kontekst

Min motivasjon for å skrive om fornybar energi er at verden i dag er fullstendig avhengig av karbonbaserte energikilder, noe som kan få alvorlige konsekvenser for fremtiden med sine enorme CO<sub>2</sub>-utslipp. Jeg vil se på utviklingen av en teknologi for bølgekraft fordi denne teknologien, sammen med teknologi for andre nye fornybare energikilder, kan være en viktig bidragsyter til løsningen på hvordan verden kan bryte ut av sin karbonavhengighet, eller carbon "lock-in". Det er imidlertid viktig å være klar over at utvikling av miljøteknologi alene ikke er nok. Det vil også være nødvendig med sosiale forandringer for at verden skal få en mer bærekraftig utviklingsretning.<sup>5</sup> Men dette er ikke tema for denne avhandlingen.

### 2.1 Carbon "lock-in"

Den stivhengige og co-evolusjonære utviklingen av institusjoner og teknologi blir omtalt som "carbon lock-in" av Gregory C. Unruh i artikkelen "Understanding carbon lock-in" (2000). Verden er inne i en "Carbon lock-in" takket være systemiske krefter som bærer frem infrastrukturer basert på fossilt brensel på tross av at de ødelegger miljøet og det finnes kostnadseffektive og miljøvennlige alternativer. Disse systemiske kreftene virker blant annet gjennom en omfattende infrastruktur som bygges opp over tid rundt energisystemene.<sup>6</sup> Like viktig er læringskurvene<sup>7</sup> som observeres innen energiproduksjon, som senker kostnadene og styrker konkurransedyktigheten overfor alternative energikilder (Grubler et al. 1999, Gross et al. 2002, CarbonTrust 2006). Det er disse elementene som har styrt utviklingen inn mot "carbon lock-in".

På verdensbasis pumpes det årlig rundt 55 mill. tonn med CO<sub>2</sub>-ekvivalenter ut i atmosfæren. Det er en økning på 10% fra basisåret 1990 (Naturressurser og Miljø 2008: 151). Dette har ført med seg miljømessige og klimatiske utfordringer som har blitt brakt til offentlighetens oppmerksomhet gjennom ulike rapporter som nylig har blitt publisert, med "Stern Review on the Economics of Climate Change" fra 2006 og "Human Development Report 2007/2008" i spissen.<sup>8</sup> Disse to rapportene spår en dyster fremtid for verdenssamfunnet hvis ikke

---

<sup>5</sup> For eksempel innen forbruksmønster, reguleringer og industrielle nettverk.

<sup>6</sup> Det er for eksempel mange store næringssektorer som tjener gode penger på at det benyttes fossile brensel til å transportere mennesker og varer.

<sup>7</sup> Dette fenomenet gjelder observert, prosentvis nedgang i produksjonskostnader når installert effekt av teknologien, altså erfaringen, doubles. Hos energirelaterte teknologier regnes det med en nedgang på mellom 10% og 30% (Grubler et al. 99: 253).

<sup>8</sup> En rapport som bygger på mange av observasjonene fra Stern-rapporten. Men har et mer samfunnsmessig fokus i sin konsekvensanalyse av den globale oppvarmingen.

menneskeheten makter å bryte ut av et utviklingsmønster som er avhengig av fossilt brensel. De legger også vekt på at det haster med å legge om energisystemene, før naturen når det som kalles "the tipping point". Dette er den teoretiske grensen for hvor mye CO<sub>2</sub> atmosfæren kan inneholde før en kjedereaksjon settes i gang som vil resultere i en sterk temperaturøkning med antatt katastrofale konsekvenser.<sup>9</sup> Hvis denne grensen passeres vil menneskelig intervensjon ha liten eller ingen effekt og klimaet vil gå inn i en ukontrollerbar utviklingsspiral.

Mange som forsker på den internasjonale omstillingen til bærekraftige alternativer legger vekt på at regjeringene må være mer målrettede og tørre å gjøre bevisste valg på områder der miljøvennlig teknologi konkurrerer med annen teknologi (Annandale et al 06: 3).

En treffende samlebetegnelse på faktorer som effektivt hindrer utbredt bruk av miljøvennlig teknologi er at de fungerer som barrierer mot en grønnere utviklingsretning (Unruh 00: 819).<sup>10</sup> Det er følgelig avgjørende at aktører som er involvert i å introdusere miljøteknologi er klar over disse barrierene og har kapasitet til å overkomme dem.

## **2.2 Verdenssamfunnet og klimautfordringene**

De internasjonale klimautfordringene ble formulert gjennom FNs rammekonvensjon om klimaendringer som ble vedtatt i Rio de Janeiro i mai 1992. Konvensjonen trådte i kraft i 1994 og la grunnlaget for det videre internasjonale arbeidet med å motvirke klimaendringer. I 1995 kom den andre hovedrapporten til FNs klimapanel der det kom frem at en kunne forvente en økning av den globale gjennomsnittstemperaturen på mellom 1 og 3.5 grader celsius, om det ikke ble gjennomført drastiske tiltak. Disse prognosene er for øvrig mer dystre i dag. I 1997 ble en protokoll vedtatt under Klimakonvensjonen i Kyoto. Kyoto-protokollen er en internasjonal, juridisk bindende avtale som utdyper og konkretiserer forpliktelsene i Klimakonvensjonen for industrilandene. Dette anses som en historisk begivenhet, ved at avtalen er med på å anerkjenne alvorligheten i utfordringene verdenssamfunnet står overfor. Vedtakene er kraftige insentiver for bedrifter som ønsker å konkurrere på et enormt fremtidig marked for miljøteknologi. Det er opplagt at teknologiutvikling vil være et viktig bidrag til å redusere utslipp av klimagasser, og i lys av at

---

<sup>9</sup> I følge "Human Development Report" er denne grensen ved en temperaturøkning på 2 grader celsius. Noe som vil kreve et CO<sub>2</sub> innhold i atmosfæren overskrider 450ppm (deler per million). I dag er CO<sub>2</sub> innholdet rundt 380ppm. (Human Development Report 07: 2-5).

<sup>10</sup> Jeg vil komme med en mer inngående beskrivelse av disse barrierene i kapittel 3.1 og 4.7

EU-landene har forpliktet seg gjennom Kyoto-avtalen drastisk å redusere sine årlige utslipp av CO<sub>2</sub> er det viktig med en tung og langsiktig satsning på dette.<sup>11</sup> I følge Stern-rapporten<sup>12</sup> vil en begrensning av den globale oppvarmingen til tre grader celsius koste om lag 1 prosent av det globale BNP. Kyoto-protokollen har sørget for at ideen om bærekraftig utvikling fått fornyet aktualitet.<sup>13</sup>

### **2.3 Norge og klimautfordringene**

Norge har lenge vært opptatt av å redusere utslipp av miljøgifter. Dette reflekteres også i miljøpolitikken som har vært ført. Norge var for eksempel et av de første landene som innførte CO<sub>2</sub>-avgift, i 1991. Dette blir fremdeles ansett som det viktigste virkemiddelet mot uønskede klimaendringer. Det har også vært en uttalt målsetting å legge forholdene til rette for utvikling og bruk av nye fornybare energikilder. Men den norske regjeringen erkjenner at den største barrieren mot denne målsettingen er prisnivået på den "grønne" energien (St. meld. Nr 58. 1996-97). Norge er i en særstilling siden 70% av den stasjonære energibruken allerede kommer fra fornybare energikilder, hovedsakelig vannkraft.<sup>14</sup> Dette skaper spesielle utfordringer for utvikling av teknologi for fornybar energi i Norge. Men det finnes en uttalt politisk vilje for å få dette til.<sup>15</sup> Januar 2009 ble det etablert 8 nye forskningssentre for miljøvennlig energi i Norge som skal rette forskningen sin hovedsakelig mot solenergi, offshore-vind, bioenergi og karbonfangst- og lagring. I mars 2009 ble Gunnfondet for Fornybar Energi og Energieffektivisering økt fra 10 milliarder til 20 milliarder kroner. Dette var forventet å gi en avkastning på 880 millioner kroner fra 2010 som skal forvaltes av ENOVA (St. meld. Nr. 11 2006-2007). Elektrisitet fra bølgekraft kan gi redusert utslipp av

---

<sup>11</sup> Det er en målsetting å redusere industrilandenenes samlede utslipp med minst 5% sett i forhold til 1990-nivået innen perioden 2008-2012. Videre skal 20% av all energibruk komme fra fornybare energikilder i 2020 (St. meld. nr. 29, 1997-98)

<sup>12</sup> "Stern Review on the Economics of Climate Change" er en rapport som ble sluppet 30. Oktober, 2006, av Lord Stern av Brentford på oppdrag fra den britiske regjeringen. Diskuterer hvordan den globale oppvarmingen kan påvirke verdensøkonomien.

<sup>13</sup> Bærekraftig utvikling defineres av Verdenskommisjonen for Miljø og Utvikling som en utvikling som sikrer behovene til dagens generasjon uten å sette fremtidige generasjoners behov i fare. Bærekraftig utvikling hviler på tre pilarer: økonomiske forhold, sosiale forhold og miljøforhold som alle må ivaretas over hele kloden. Det er dermed først og fremst et globalt mål basert på solidaritet mellom oss som lever i dag og mellom generasjoner (Naturressurser og Miljø 08: 25).

<sup>14</sup> På verdensbasis utgjør fossile brensel om lag 85% av energisalget (Nye Fornybare Energikilder 01: 5).

<sup>15</sup> Denne viljen er tydelig artikulert i blant annet Soria-Moria erklæringen fra 2005.

klimagasser dersom den er med på å erstatte energi produsert med fossilt brensel.<sup>16</sup>

Utvikling av teknologi for bølgekraft inngår i et bredt internasjonalt initiativ for å hindre at klimadramaet får en tragisk slutt, samtidig som det kan være et bidrag til løsningen av dramaet "Hva skal Norge leve av etter oljen?". Norge kan muligens også i fremtiden være en stor leverandør av energi til Europa, men da av fornybar energi mer enn olje og gass. Det er i spenningen mellom de globale klimautfordringene og de nasjonale næringsutfordringene at bølgekraften utgjør en interessant teknologi og industrialiseringsmulighet.

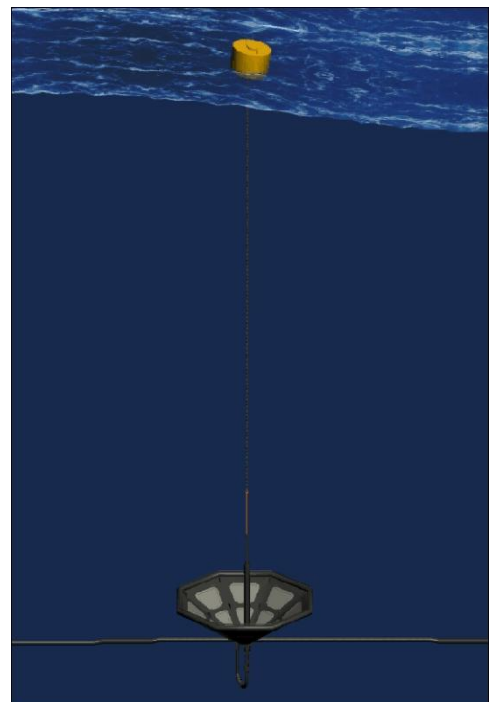
### 3. Teknologien

Teknologien i bølgekraftkonseptet til PP bygger på kunnskap fra blant annet tidligere prosjekter innen bølgekraft,<sup>17</sup> marine konstruksjoner<sup>18</sup> og oppdrettsnæringen.<sup>19</sup>

Bølgekraftverket skal flyte i vannmassene og forankres til bunnen som fiskemerder i et oppdrettsanlegg. Innretningen består av pumpeenheter

med overflatebøyer festet med kjetting til en stempelpumpe, som igjen er festet til et vannanker lengre ned. Ettersom det bare er overflatebøyene som er synlige i vannskorpen har anlegget en liten visuell signatur. Dette gjør at man kan utnytte arealer nærme kysten uten at det utløser protester. Virkeprinsippet er at absorbatoren (bøyen) flyter på toppen av bølgene og høster energi fra disse ved å heve/senke seg.

Vannankerene har som oppgave å være motkraft som pumpebevegelsen fra bøyen kan arbeide mot, og ser ut som store paraplyer med luker i seg. Lukene kan åpnes og lukkes for å kontrollere hvor mye motstand vannankeret gir. Stempelpumpene, som er festet



Figur 1. Figuren ovenfor viser en prinsipptegning av pumpeenhet.

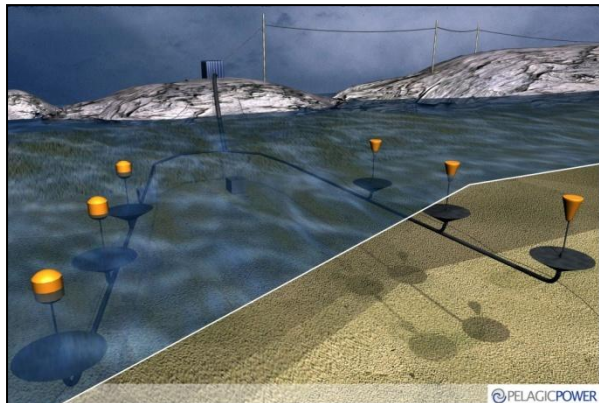
<sup>16</sup> I en rapport som CarbonTrust la frem i 2006 ble det konkludert med at hver KWt med energi som kom fra bølgekraft ville spare miljøet for 430 gram CO<sub>2</sub>.

<sup>17</sup> Det var en aktiv bølgekraftgruppe på NTNU allerede i 1970-årene, der Kjell Budal og Johannes Falnes var sentrale

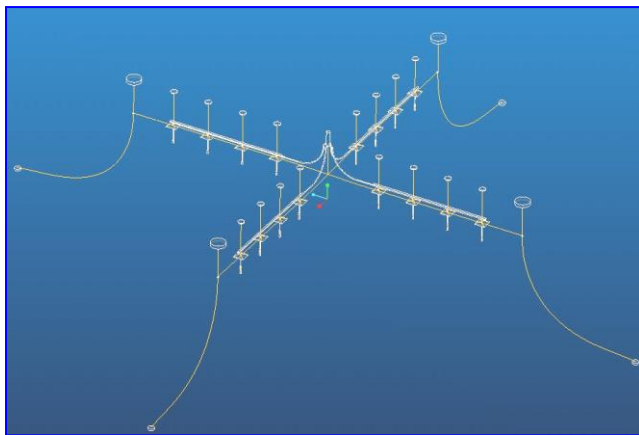
<sup>18</sup> Øyvind Arntzen, en av professorene som har vært involvert fra NTNU siden starten, arbeider til vanlig ved Institutt for bygg, anlegg og transport (NTNU).

<sup>19</sup> Erling Haug AS, som er leverandør av forankringene til anlegget, leverer også forankringer til oppdrettsnæringen.

mellom vannanker og bøye, pumper sjøvann fra omgivelsene til en vannkraftturbin med



Figur 2. Bildet til ovenfor viser et kunstnerisk inntrykk av 1:3 skala anlegget (generasjon 1) med 6 pumper og vannkraftturbin i en container på land



Figur 3. Bildet ovenfor viser prinsippet for et offshore anlegg hvor turbin og generator er plassert i en halvnedsenket sylinder med rolige bevegelser og med lett tilgang til tekniske installasjoner (generasjon 2)

generator på land. Turbinen drives dermed av vann under trykk fra pumpene. Foran turbinen vil det være et akkumulatoranlegg som vil bidra til å jevne ut volumstrømmen til turbinen og dermed skape mer stabil drift. Sjøvannet er med andre ord energibæreren i systemet. Vannet blir pumpet gjennom spesialutviklede rør laget av et rimelig og gjenvinnbart materiale som har vist seg å ha stor overlevelsessevne i vann. Ved å legge

størsteparten av anlegget under vann (vannankerene ligger på 40-50 meters dyp), mener PP at kraftverket blir mindre sårbart for storm og ødeleggende kjempebølger. Konseptet har ingen komplisert oljehydraulikk og få elektroniske komponenter, noe som reduserer kritiske

risikoområder. Ved å benytte så "enkel" teknologi som mulig vil man også senke behovet for komplisert vedlikehold.

Kraftverket har videre en modulær

oppbygning,<sup>20</sup> noe som gir et godt skaleringspotensial. Dette vil være med på å gjøre teknologien til et alternativ for utbyggere med ulike behov for effekt. Et poeng under produktutviklingen var at målsetningen ikke var å utvikle det mest teknologisk avanserte alternativet, som får mest energi ut av bølgene, men heller å utvinne energi til en konkurransedyktig pris. Konseptet tenkes også å kunne installeres offshore, med visse modifikasjoner. Skal denne teknologien plasseres i en generisk bås vil den klassifiseres som

<sup>20</sup> Utbygger kan selv velge hvor mange pumpeenheter som skal inngå i konstruksjonen, ut i fra behov.



et near-shore konsept med bøyer for punktabsorbasjon.<sup>21</sup> Ovenfor er *generasjon 1* beskrevet, som er avhengig av nærhet til land. I en eventuell *generasjon 2* vil generator og turbindel bygges inn i konstruksjonen til havs.

Det finnes for øyeblikket ikke nøyaktige tall for hvor mye energi kraftverket kan produsere, på grunn av mangel på empiriske data. Men det er estimert at et bølgekraftverk med 60 pumper vil kunne gi rundt 20 GWh per år,<sup>22</sup> noe som tilsvarer forbruket til 1000 husstander.<sup>23</sup> På grunn av relativt små investeringskostnader vil dette kunne gi en strømpris ned mot 25 øre per KWh, i følge produsenten. Foreløpige beregninger gir hver av pumpene en effekt på 175 KW.

Å bruke punktabsorbatorer som energiavtakere ble demonstrert som et godt alternativ allerede på slutten av 70-tallet av Johannes Falnes og Ketil Budal i bølgeenergigruppen ved det som da var NTH (French 05: 151).<sup>24</sup> Det er altså et relativt gammelt konsept som ligger til grunn for teknologien Pelagic Power utvikler. Som Anders Tørud formulerte det:

*"Punktabsorbator er en anerkjent klasse med bølgekraftteknologi. Men kombinasjonen av et vannanker som er formet som en paraply, med pumpe og punktabsorbator er ny".*

### 3.1 Teknologiske utfordringer for utvikling av bølgekraftverk

Den største teknologiske utfordringen for utviklere av bølgekraftverk har alltid vært å lage et design som tåler enorme belastninger over lengre tid i havets lunefulle grep,<sup>25</sup> uten at teknologien blir for kostbar (Thorpe 1999, Clement et al. 2002, CarbonTrust 2006, ENOVA 2007).<sup>26</sup> En vellykket balansegang mellom robusthet og pris er helt avgjørende for å lykkes. Så og si alle teknologier som skal hente kraft fra bølger baserer seg på en eller annen form for resonans mellom bølge og innretning, noe som tilsier at geometri og størrelse på innretningen må forholde seg til lengden på bølgene. For å få en viss innsikt i hvordan

---

<sup>21</sup> Mer om teknologikategorier i kapittel 3.2

<sup>22</sup> I rapporten CarbonTrust i Storbritannia la frem i 2006 regnet man seg frem til at hver KWh med energi fra operative bølge- og tidevannskraftverk ville spare miljøet for 430 gram CO<sub>2</sub> (CarbonTrust 06: 8)

<sup>23</sup> Fra artikkel i namdalsavisa.no: <http://www.namdalsavisa.no/Nyhet/article2395100.ece>, åpnet: 20/3-09

<sup>24</sup> Ble i 1996 slått sammen med en rekke andre utdanningsinstitusjoner i Trondheim til Norges Teknisk-naturvitenskapelige Høgskole (NTNU).

<sup>25</sup> Det forventes en levetid på 15-20 på denne type teknologi

<sup>26</sup> Prisen på teknologien vurderes ved å vekte kapitalkostnader (konstruksjon, materialer, komponenter, fundamentering) og vedlikeholdskostnader mot ytelse (som genererer salgbart output)(CarbonTrust 06: 10-11)..

innretningen vil oppføre seg som ferdig produkt er det nødvendig med relativt store modeller når pilottestingene beveger seg fra kontrollerte omstendigheter og ut i den virkelige verden. Kostnadene som er forbundet med å konstruere, sette ut, vedlikeholde og teste store prototyper under krevende forhold i åpen sjø er et gjennomgående problem for de fleste utviklere. De teknologiske utfordringene inn mot vellykkede innovasjoner innen bølgekraft kan dermed overkommes ved å utvikle et konsept som har en sterk motstand mot slitasje, er enkelt å vedlikeholde og tåler ekstremvær. Det er viktig å kunne oppgi en pålitelig og lang levetid for teknologien, for å redusere risikoen og usikkerheten for kundene. Dette gir en lav *life-cycle cost*,<sup>27</sup> noe som er viktig for beslutningstakere i energiselskaper og andre potensielle kunder.

Mueller&Wallace understreker i sin artikkel fra 2008 viktigheten av at det internasjonale miljøet innenfor bølgekraft enes om hvilke områder den teknologiske problemløsningen bør fokusere på,<sup>28</sup> og sørge for en mer kumulativ og systematisk oppbygging av kunnskapsbasen. Mueller&Wallace identifiserer derfor noen nøkkelutfordringer som må overvinnes før bølgekraftteknologi kan bli en størrelse i det nye fornybare energisystemet. Det er nødvendig med en bedre forståelse for konsekvensene ved en oppskalering av teknologiske konsepter, og denne kunnskapen kan bare erverves gjennom prøving og feiling i åpen sjø med fullskalamodeller. Innretninger må videre være designet med en høy grad av modularitet slik at det er relativt enkelt å installere dem. Det må også utarbeides en bedre kunnskapsbase for hvordan de ulike komponentene tåler påkjenningene de er designet for, slik at utbyggere vet med rimelig sikkerhet hvor lenge innretningene vil være operative og hvordan man skal organisere vedlikehold. I tillegg må, som jeg allerede har vært inne på, prisen på teknologien ikke være avskrekkende (Mueller&Wallace 08: 4378-4381).

### **3.2 Ulike teknologiske løsninger for bølgekraft**

*"Efficiency itself is of no concern when the gods pay for the waves"*, svarte professor Stephen Salter<sup>29</sup> da han ble spurt om hvor energieffektivt bølgekraftverket han hadde designet var. Det er bølgenes evne til å sette ting i bevegelse som gjør at man kan produsere mekanisk og i neste omgang elektrisk energi. Det er i dag et stort mangfold av designkonsepter for

---

<sup>27</sup> Innebærer at alle kostnader inklusive investering, driftkostnader, vedlikeholdskostnader, avskrivning (levetidsavhengig), sluttverdi og avviklingskostnader må regnes med (CarbonTrust 2006).

<sup>28</sup> Dette blir også trukket frem som viktig i Christensen&Buens gjennomgang av bølgekraft i Norge (Christensen&Buen 2002).

<sup>29</sup> En fremtredende britisk forsker innen bølgekraft.

bølgekraftverk. Per dags dato befinner de fleste seg på varierende stadier av forskning og utvikling, og kun et fåtall av teknologiene kan anses som modne for utbygging. Det er for omfattende å gjennomføre en uttømmende presentasjon av teknologiene her, så jeg vil i stedet beskrive generiske kategorier innen bølgekraft. Det er tidligere brukt flere klassifiseringsmetoder for å kategorisere bølgekraftteknologi, for eksempel ut i fra plassering,<sup>30</sup> virkeprinsipp eller størrelse. Nedenfor klassifiseres teknologiene etter virkeprinsipp.

#### *1. Flytende innretning.*

I denne kategorien finner man innretninger som flyter og reagerer på vannflatens bevegelse relativt den flytende konstruksjonen. Det er viktig at flyteren er vesentlig større enn bølgelengden til bølgene man ønsker å utnytte for å få nok bevegelsesenergi i systemet.

#### *2. Bøye for punktabsorbasjon.*

Dette er bøyer som er fiksert og beveger seg vertikalt (eventuelt også horisontalt) i takt med bølgene. De kan plasseres under eller i vannskorpen. Det er under denne kategorien at bølgekraftverket fra Pelagic Power befinner seg.

#### *3. Hengslede bunnfaste innretninger.*

Denne teknologien er beregnet for forholdsvis grunt vann. En klaff er plassert på bunnen og kan følge vannets vertikale bevegelse.

#### *4. Stigende vannsøyle.*

Et kammer er i kontakt med havet i bunnen av konstruksjonen og med atmosfæren på toppen. Kammeret gjør at det oppstår en resonans med de mest interessante bølgelengdene. Når vannsøylen stiger og synker inne i kammeret vil luftstrømmen i toppen drive en turbin som genererer kraft.

#### *5. Høydemagasin.*

Det som karakteriserer denne kategorien er at vann samles i et magasin som ligger høyere enn vannflaten. Under denne kategorien finnes konsepter for både on-shore, near-shore og

---

<sup>30</sup> En måte å gjøre dette er og skille mellom on-shore, near-shore og off-shore

off-shore. Energi produseres ved at vannet renner tilbake til havet gjennom en turbin. Det er flere ulike konsepter for å bruke bølgeenergien til å løfte vannet opp til magasinet. Et eksempel er å lage en kilerenne som smalner mot toppen. Dette vil gjøre at en bølge vil presses sammen og videre opp av kraften fra bølgene som kommer bak (ENOVA 07: 27-28).

### **3.3 Bølgeenergi**

Bølger er kraftfulle manifestasjoner av naturens makt som oppstår fordi vind påvirker havoverflaten, og forårsaker skjærspenninger og trykkvariasjoner. Vinden er igjen et resultat av høytrykk og lavtrykk som blir til når solen varmer opp atmosfæren. Bølger er med andre ord fortettet solenergi.<sup>31</sup> En bølge karakteriseres av høyden (avstanden mellom bølgedal og bølgetopp), bølgelengden (avstanden mellom to bølgetopper) og perioden (tiden det tar for en bølge å passere et fast punkt). Det er disse verdiene som danner grunnlaget for beregninger av energiinnholdet i bølgene. Bølger transporterer ikke vannmasser på samme måte som havstrømmer. Det er havstrømmene som gjør det mulig for objekter uten seil og reise lange avstander på verdenshavene. I områdene hvor bølger blir til, er de uregelmessige og ofte kompliserte med kaotiske mønstre. Men bølger kan bevege seg over store avstander uten å miste noe særlig energi, og etter hvert som de beveger seg vil de fremstå som mer regelmessige hevinger av havoverflaten, også kjent som dønninger (KanEnergi AS 01: 45). Det er dønningene som regnes som de beste leverandørene av energi fra havet. Hvis en forestiller seg hva som skjer når en holder i enden av et tau, og lager en kraftig bevegelse, der energien fra bevegelsen forflytter seg nedover tauet som en bølge, kan det være et godt eksempel på hvordan bølgene fungerer. Det gir en illusjon av forflytning, men tauet befinner seg på samme sted.

### **3.4 "Wave-to-wire", konvertering av bølgeenergi**

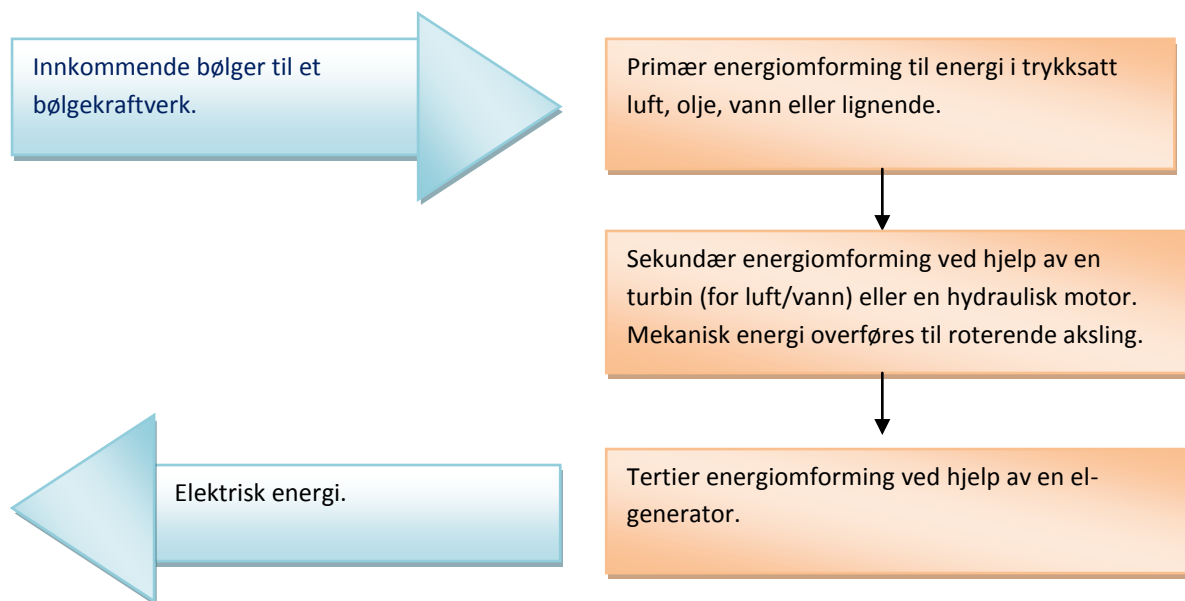
Å omgjøre energi fra bølger til elektrisitet som kan tilføres energinettet gjøres for det meste i en 3-steps prosess. Først må bølgeenergi omgjøres til energi i et system som beveger seg i takt med bølgene, i tråd med konseptene presentert ovenfor. Deretter må disse bevegelsene omgjøres til nyttig mekanisk energi ved enten ved hjelp av turbiner, hydrauliske eller pneumatiske motorer. Til sist kan denne energien omformes til elektrisk energi ved hjelp av

---

<sup>31</sup> Akkurat hvor mye energi som finnes i en bølge varierer med vindstyrken i området der de blir til, fra nesten ingen energi på rolige dager til over 10.000 kW i de største dyphavsbølgene (Ross 95: 25).

generatorer. Energi går tapt i alle ledd. Man kan i fremtiden øke totalvirkningsgraden og senke produksjonskostnadene ved å fjerne ett av disse omformingsstegene, men det finnes ingen teknologi i dag som har denne kapasiteten (KanEnergi AS 01: 47).

Innen bølgekraft finnes det et stort mangfold av teknologiske løsninger på det første steget i prosessen, noe som gjenspeiler en umoden industri i "fluid phase",<sup>32</sup> der ingen kan dokumentere klare fordeler ved den enkelte teknologi.



Figur 4. Fritt etter modell av Johannes Falnes (Falnes 08: 12).

<sup>32</sup> Fra Abernathy&Utterbacks sin konseptualisering om industrifaser, der "fluid phase" er den første, "transitional phase", den andre og "specific phase" den siste (Utterback 1994). Vil bli nærmere forklart under kapeittel 4.7.4, om "dominant design".

#### **4. Analytisk rammeverk: utviklingen av et teknologisk innovasjonssystem**

Det analytiske rammeverket i denne avhandlingen er valgt for å kunne se på forsøket på å utvikle ny teknologi innen bølgekraft som en prosess i å bygge et TIS rundt en teknikk. For å gjøre dette kommer jeg til å benytte meg av teorien om TIS som springer ut fra arbeidet til en rekke forskere (Carlsson&Stankiewicz 1991, Jacobsson&Johnson 2001, Hekkert et al 2006, Hekkert et al 2007, Hekkert&Negro 2008) og fokuserer på 7 bestemte funksjoner. Disse funksjonene skal i følge forfatterne kunne gi et mer dynamisk bilde av innovasjonsprosessen. Systembyggende aktivitet har blitt trukket frem som sentralt for vellykket innovasjon av både Porter (1990), Hughes (1993) og Van de Ven (1999).

Jeg vil i tillegg benytte Utterback&Abernathys teori om industrifaser<sup>33</sup> som en del av mitt analytiske rammeverk fordi det er med på å sette det aktuelle TIS inn i en større sammenheng som er utviklingen av hele industrien innen bølgekraft. Dette mener jeg vil være med på å styrke konklusjonene og underbygge argumentasjonen.

##### **4.1 Innovasjon som et systemisk fenomen**

Konseptet om TIS er relativt nytt, men har sitt opphav fra en noe eldre tradisjon om systemiske tilnærminger til innovasjon,<sup>34</sup> som vektlegger samspillet mellom det tekniske og det sosiale i teknologiutvikling. Systemiske tilnærminger anser oppfinnelse, innovasjon og diffusjon som en integrert del av innovasjonsprosessen. Eric Dahmen var den første teoretikeren som tok et systemisk utgangspunkt i noe han kalte "utviklingsblokker", i 1950.<sup>35</sup> Senere ble Thomas Hughes sitt konsept om Large Technological Systems toneangivende (Hughes, 1993). Hughes sier at:

---

<sup>33</sup> Vil utdypes under kapitlet "Dominant Design", ref.

<sup>34</sup> Innovasjon dreier seg kort fortalt om prosessen som ligger bak når ideer og produkter utvikles og tas i bruk i samfunnet.

<sup>35</sup> Grunntanken var at innovasjon skaper nye muligheter som kanskje ikke kan bli realisert før visse nødvendige inputs (ressurser eller kunnskap) og markeder er på plass. Dette skaper en strukturell spenning som må utjevnes før utviklingen kan gå videre. Fremgang er bare mulig hvis hele "blokken" med faktorer er klar for det (Carlsson et al. 02:235).

*“The inventor-entrepreneur, along with the associated engineers, industrial scientists, and other inventors who help bring the product into use, often combines the invented and developed physical components into a system consisting of manufacturing, sales and service abilities”*

(Hughes 93: 64)

Hughes legger stor vekt på den individuelle entrepenørens rolle som aktiv systembygger, og har fokus på hvordan systembygging foregår i praksis. Det er nettopp et slikt fokus analysen i denne avhandlingen er ment å ha. Hughes sier videre at det er entrepenørenes uavhengighet fra store organisasjoners påvirkning som gir dem frihet til å velge hvilke problemstillinger de vil arbeide med, og gjør dem til en viktig kilde til radikale innovasjoner (Hughes 93: 58-62).

Denne systemiske tilnærmingen til innovasjon har senere dannet grunnlaget for andre innovasjonsteorier, i tillegg til teorien om TIS.<sup>36</sup>

#### **4.2 Hva er et teknologisk innovasjonssystem?**

En vellykket utvikling av ny teknologi kjennetegnes ved at det formes et teknologisk innovasjonssystem rundt teknologien (Carlsson&Stankiewicz 1991, Hughes 1993, Jacobsson&Johnson 2001, Hekkert et al 2006). Selv om det er prosessen frem mot et ferdigbygd system som er tema for denne avhandlingen kan det være greit med en kort redegjørelse for hva som kjennetegner et etablert TIS. Et TIS defineres som et nettverk av aktører som interagerer i et spesifikt økonomisk eller industrielt felt under en bestemt institusjonell infrastruktur. Systemet er involvert i produksjon, diffusjon og nyttegjøring av

---

<sup>36</sup> Her kan *nasjonale innovasjonssystemer* nevnes, der man bruker nasjonale landegrenser for å skille mellom ulike systemer (Freeman, 1988; Lundvall, 1988,1992; Nelson ,1988, 1993). Konseptet om *regionale innovasjonssystemer* (RIS) dukket for første gang opp i begynnelsen av 1990 årene. Tilnærmingen er inspirert av NIS og er basert på noe av den samme logikken med territorielt avgrensede innovasjonssystemer. Det kan identifiseres flere typer RIS, på bakgrunn av den institusjonelle sammensetningen i regionene (Asheim&Gertler, 2005; Malerba, 2005). *Sektorielle innovasjonssystemer* er basert på tanken om at ulike sektorer og industrier opererer under ulike teknologiske regimer. Disse regimene består av spesielle kombinasjoner av muligheter og begrensninger, grad av kumulativitet på kunnskap og ulike kunnskapsbaser (Carlsson et al. 02: 236).

en bestemt teknologi. Det kjennetegnes videre ved at det er hovedsakelig er kunnskap/kompetanse som utveksles i dette nettverket, ikke produkter og tjenester (Carlsson & Stankiewicz 91: 93).

#### **4.4 Funksjoner i et teknologisk innovasjonssystem**

Teorien om TIS, som jeg skal bruke i min analyse, fokuserer på hvordan man kan bryte ut stivhengigheten etablerte systemer ofte leder utviklingen inn på,<sup>37</sup> og hvordan man kan løse noen av de problemene bedrifter kan oppleve under utvikling og kommersialisering av ny teknologi (S.O Negro et al. 06: 3). Det finnes ingen konsensus blant forskere i dag om hvilke funksjoner eller aktiviteter som bør inkluderes i et innovasjonssystem, så det er et pågående arbeid å definere hvilke som er sentrale (Edquist 05: 189).

Tidligere systemtilnærminger<sup>38</sup> har hovedsaklig fokusert på strukturelle aspekter og har vist seg å være mangelfulle ettersom de kun muliggjør analyser av en kvasi-statisk karakter. Disse analysene har i tillegg kun forklaringskraft på institusjonelt makronivå. Forfatterne bak teorien om TIS etterlyser forklaringskraft på mikronivået der entreprenøren befinner seg, noe som en funksjonsanalyse av et teknologisk innovasjonssystem skal være i stand til. Retningen og hastigheten på teknologisk utvikling blir i dette analytiske rammeverket i mindre grad påvirket av konkurranse mellom ulike teknologier enn den blir av konkurransen mellom ulike innovasjonssystemer, både etablerte og fremvoksende (Hekkert et al 06: 413-415, Kemp et al, 1998). Videre vil en dynamisk analyse kunne gi et innblikk i det interaktive forholdet mellom regjeringens handlinger og økende eller minkende entreprenøriell aktivitet, tilgjengeligheten av ressurser for innovative prosjekter og legitimiteten av fornybar energi i samfunnet (Hekkert et al. 06: 418). Dette tilsier at fremveksten av et TIS ikke foregår i et vakuum, men heller i samspillet mellom bedrifter og andre organisasjoner og den konteksten de opererer i. Denne prosessen blir i stor grad påvirket av det nasjonale institusjonelle rammeverket. I et slikt rammeverket blir skillet mellom interne og eksterne

---

<sup>37</sup> I dette tilfellet "carbon lock-in"

<sup>38</sup> Store teknologiske systemer (Hughes 1993), nasjonale-, regionale- og sektorielle innovasjonssystemer



aktiviteter mindre synlig, men det er allikevel der. Mye av motivasjonen bak funksjonsperspektivet er nettopp at det håndterer en integrasjon av teknologispesifikke og mer generelle innflytelser som hindrer eller fremmer utviklingen av funksjonene (Jacobsson 08: 1498). Det er disse momentene som ligger til grunn for at jeg bruker TIS som analytisk rammeverk.

Teknologiutvikling defineres i teorien om TIS som en interaktiv prosess mellom en gitt teknologi og systemet som denne teknologien utvikles i. Videre er det viktig å kunne forme innovasjonsprosessen slik at den kan være så effektiv som mulig. Dette er en vanskelig oppgave grunnet den systemiske karakteren til teknologisk utvikling. For å kunne si noe om effektiviteten til et teknologisk innovasjonssystem identifiseres 7 relevante funksjoner som indikatorer.<sup>39</sup> Det er selvfølgelig mange ulike aktiviteter som forekommer i et TIS, og å analysere alle disse vil være en tilnærmet umulig oppgave. Relevante funksjoner i innovasjonssystemer defineres som aktiviteter som bidrar til at målsettingene i et TIS nås. Denne metodologien kan karakteriseres som en prosessanalyse eller en historisk fremstilling av hendelser som har innvirkning på innovasjonssystemet (Hekkert et al.06: 418-420).

Det er tre hovedgrunner til å bruke funksjonsperspektivet i en analyse av et TIS:

- 1) Det gir et sammenligningsgrunnlag mellom ulike TIS.
- 2) Det gir en mer systematisk metode for å kartlegge innovasjonsfremmende aktivitet i et TIS.
- 3) Det har potensial for å levere klare politiske målsettinger.

Formålet med denne oppgaven er først og fremst å kartlegge innovasjonsfremmende aktivitet i et TIS (punkt 2). På bakgrunn av ulike kategorier av funksjoner og empiriske studier ved Universitetet i Utrecht foreslår forfatterne følgende funksjoner som relevante når man skal kartlegge nøkkelaktiviteter i et TIS (Hekkert&Negro 08: 3), disse vil også være utgangspunkt for min analyse:

---

<sup>39</sup> Presenteres nedenfor.

### Funksjon 1: Entreprenøriale aktiviteter

Et innovasjonssystem er helt avhengig av at det finnes entreprenører som ser nye muligheter. Entreprenørens rolle er å omgjøre potensialet i ny kunnskap, nettverk og nye markeder til konkrete handlinger for å skape og dra nytte av nye forretningsmuligheter. Det kan være nye aktører som ser at nye markeder er under oppseiling, eller eksisterende aktører som ønsker å dra nytte av nye utviklinger i markedet. Denne aktiviteten er nødvendig for å få bukt med usikkerheten som er forbundet med å eksperimentere med ny teknologi og nye markeder. Eksperimentering gjør at det kan akkumuleres kunnskap om hvordan teknologien fungerer under ulike omstendigheter, i tillegg til at man kan evaluere reaksjonene fra kunder, regjering, konkurrenter og underleverandører. Det er med andre ord muligheter for mange former for læring. Mekanismer for læring er helt sentrale for enhver innovasjonsprosess. Tilstedeværelsen av aktive entreprenører er hovedindikatoren for hvor godt et TIS fungerer. Når denne aktiviteten er lav, kan man forvente å finne årsaken i en av de andre seks indikatorene. Aktivitet på denne funksjonen kartlegges ved å se på oppstart og avslutning av prosjekter (Hekkert et al. 06: 421-422).

### Funksjon 2: Kunnskapsutvikling

Denne funksjonen omhandler "læring gjennom leting" og "praktisk læring". Tre typiske indikatorer som måler denne funksjonen over tid er prosjekter i forskning og utvikling (FoU), patenter og investeringer i FoU (Hekkert et al. 06: 422). Jeg vil i min analyse legge vekt på ny kunnskap ervervet gjennom praktiske erfaringer underveis i innovasjonsprosessen, og annen aktivitet som tilfører kunnskapsbasen ny viten.

### Funksjon 3: Diffusjon av kunnskap gjennom nettverk

Et nettverks viktigste funksjon er utveksling av informasjon. Informasjonsutveksling er viktig i forbindelse med FoU, men det er spesielt viktig i sammenhenger der FoU møter regjering, konkurrenter og marked. På denne måten er nettverk en forutsetning for "læring gjennom interaksjon". Når det gjelder brukerne av teknologien i nettverket vil de være en kilde til "læring gjennom bruk". Min analyse av et fremvoksende TIS uten noen markedsandel, og dermed ingen brukere, vil følgelig ikke kunne si noe om akkurat dette. Funksjonen kan analyseres ved å se på antall workshops og konferanser som er dedikert til den aktuelle

teknologien, og ved å kartlegge utviklingen av nettverket (Hekkert et al. 06: 423). Det har imidlertid vist seg vanskelig å få et godt innblikk i selve prosessen knyttet til diffusjon av kunnskap bare ved å kartlegge hvor mange konferanser og workshops som blir gjennomført. Jeg vil derfor i min analyse også å se på utviklingen av sammensetningen av nettverket i TIS`et, ved hjelp av intervjudata og dokumentanalyse.

#### Funksjon 4: Angivelse av retning (guidance of the search)

Denne funksjonen er sentral i seleksjonen av hvilke teknologier som videreutvikles. Seleksjonen skjer ved fremveksten av ett dominant design gjennom ulike systemkomponenter som ligger i industrien, regjeringen og/eller markedet. Der funksjon 2 skaper et teknologisk mangfold, representerer funksjon 4 seleksjonsprosessen. Det kan være påvirkninger fra samfunnet på forskning og utvikling, og dermed også på hvilken retning den teknologiske utviklingen tar. Denne påvirkningen fra omverdenen er ofte en kumulativ og interaktiv prosess der det foregår en utveksling av ideer mellom produsenter, brukere og andre aktører, der teknologien ikke er en konstant men en variabel. Forventninger har en viktig plass i denne prosessen. Ideer testes ut i eksperimenter (funksjon 1), og suksess eller fiasko kommuniseres til andre aktører (funksjon 3) og senker dermed nivået av usikkerhet. Dette påvirker igjen forventningene til teknologien som formidles gjennom systemet (Funksjon 7). Denne funksjonen refererer altså til aktiviteter i innovasjonssystemet som kan påvirke synligheten og konkretiseringen av spesifikke ønsker hos brukerne av teknologien. Dette kan kartlegges ved å se på uttrykte målsettinger hos styresmaktene eller industrien angående den aktuelle teknologien i tillegg til å telle vitenskapelige artikler som er negative eller positive til teknologien.

#### Funksjon 5: Markedsetablering

Ny teknologi har ofte problemer med å konkurrere med etablert teknologi i markedet. Dette er ikke nødvendigvis fordi den nye teknologien er dårligere, men fordi det er en iboende treghet i markedet når det kommer til å godta nye løsninger. Diffusjonsprosessene som er nødvendig for å spre en ny teknologi er kompliserte. Noe som imidlertid er helt klart er at den nye teknologien må kunne konkurrere på pris, og den må være pålitelig. For å bli i stand til dette er det viktig at aktørene bak den nye teknologien får mulighet til å drive utstrakt testing relativt isolert fra konkurrerende teknologier, uten noen umiddelbare krav til

lønnsomhet i driften fra eierne. En måte for styresmaktene å hjelpe ny teknologi til markedet er og etablere midlertidige nisjemarkeder. En annen måte er å gi et konkurransefortrinn ved hjelp av fordelaktige skatteordninger eller feed-in-tariffer (Hekkert et al. 07: 424). Men nisjemarkeder er viktig også utover det at de muliggjør rene teknologiske forbedringer, de gir også et "pusterom" der de andre funksjonene i et TIS kan falle på plass. Denne funksjonen kan dermed analyseres ved å se på hvor mange nisjemarkeder som har blitt etablert for den aktuelle teknologien,<sup>40</sup> kartlegge skattesystemet og miljøstandarder som øker mulighetene for ny miljøteknologi. Jeg vil i min analyse også tilskrive initiativ fra TIS overfor markedet til denne funksjonen.

#### Funksjon 6: ressursmobilisering

Både menneskelig og finansiell kapital er nødvendig for all aktivitet i et ethvert innovasjonssystem. Funksjon 6 anses som en sentral input til funksjon 2, siden det er nødvendig med tilstrekkelige ressurser for at det kan produseres ny kunnskap. Denne funksjonen er vanskelig å kartlegge ved hjelp av spesifikke indikatorer over tid. Den beste fremgangsmåten er å finne ut, ved hjelp av intervjuer, om sentrale aktører opplever at det er problematisk å få tilgang på de ressursene de har behov for, og hvor de eventuelt får finansiering fra (Hekkert et al. 07: 425). Jeg vil i min analyse allokere bevegelse av kapital til denne funksjonen, og tilskudd av menneskelig kapital (nye aktører i TIS) til funksjon 3 for å unngå uklarheter.

#### Funksjon 7: skape legitimitet/motarbeide motstand mot forandring

For å få muligheten til å utvikle seg må ny teknologi enten bli en del av det eksisterende regimet, eller makte å skape et nytt regime. Det vil alltid være noen som har investert mye i det eksisterende regimet, og vil dermed forsøke å hindre at nykommere får etablert seg. For å hjelpe til i denne prosessen, kan koalisjoner av støttespillere sette teknologien på agendaen (funksjon 4), drive lobbyvirksomhet for ressurser (funksjon 6) og fordelaktige skatter (funksjon 5), og dermed gi økt legitimitet til en ny teknologisk utviklingsretning.

---

<sup>40</sup> Herunder aktivitet i TIS som har fokus på å få fotfeste i markedet.

#### **4.5 Positiv og negativ interaksjon mellom funksjonene**

Som det har blitt nevnt tidligere kan funksjonene i et TIS interagere med hverandre og gi negative eller positive konsekvenser for den overordnede kvaliteten på systemet. Positiv interaksjon kan føre til en forsterkende dynamikk innad i systemet, og fører til "virtuous cycles"<sup>41</sup> som fremmer diffusjonen av teknologien. Såkalte "vicious cycles"<sup>42</sup> oppstår når negativ funksjonsaktivitet forårsaker redusert aktivitet i forhold til andre systemfunksjoner, og dermed bremser eller stopper utviklingen (Hekkert & Negro 08: 4). Siden det er 7 funksjoner som alle er viktige for å analysere et TIS (Hekkert & Negro 08: 8), er det mange interaksjonskombinasjoner.

#### **4.6 Ytterligere operasjonalisering av systemfunksjonene**

Det er store utfordringer knyttet til å måle effektiviteten av et umodent teknologisystem som befinner seg i "fluid phase". Dette gjør at det er nødvendig å benytte en kombinasjon av indikatorer. Spesielt viktig blir verdier på indikatorer som belyser produksjon av kunnskap, i tillegg til anvendelse og diffusjon av denne kunnskapen (Carlsson et al. 02: 243).

Empirien som ligger til grunn for min analyse brukes for å kartlegge individuelle systemfunksjoner og interaksjonsmønstre mellom systemfunksjoner på en måte som er inspirert av en prosessmetode introdusert av Van De Ven (Van De Ven 1999: 422). Der han anvender metoden på innovasjonsprosjekter i bedrifter og bedriftsnettverk vil jeg i min analyse bruke den på et TIS.

Metoden går ut på å stadfeste så mange hendelser hvor en systemfunksjon er involvert som mulig, ved bruk av arkivdata som for eksempel aviser, magasiner og rapporter. Jeg vil i tillegg til disse kildene bruke informasjon fra intervjuer med nøkkelpersoner. Alle hendelsene blir deretter klassifisert i hendelseskategorier som overensstemmer med de 7 systemfunksjonene. Hvordan de ulike hendelsene bidrar til en systemfunksjon vil variere. Noen hendelser vil bidra positivt i innovasjonsprosessen, og få en (+) klassifisering, mens andre vil bidra negativt og få en (-) klassifisering. De ulike hendelsene vil ikke være vektet siden viktigheten av hendelsen ikke kan vites på forhånd. Resultatet av denne prosessanalysen er en historie om hvordan det aktuelle TIS har utviklet seg over tid, og

---

<sup>41</sup> Dette vil jeg i min analyse omtale som "positiv interaksjon".

<sup>42</sup> Dette vil jeg i min analyse omtale som "negativ interaksjon".

hvilken rolle de ulike funksjonene har spilt i denne utviklingen. Basert på den kronologiske fremstillingen av empirien vil jeg være i stand til å si noe om hvilken effekt hendelsene har, og gjentakende serier av hendelser kan hjelpe til med å identifisere interaksjonsmønstre mellom funksjoner.

Denne, på overflaten, kvantitative øvelsen skal styrke hovedsakelig kvalitative argumenter, ikke presentere statistisk holdbare argumenter i seg selv. Jeg skal altså ikke gjennomføre en statistisk analyse siden jeg ikke er ser på årsak-virkning korrelasjoner mellom forhåndsdefinerte variabler. Det som er målsettingen med analysen er å kunne si noe om hvor godt rustet TIS rundt PP er til å utføre sin oppgave, som er å generere og fremme diffusjon av en teknologi (Hekkert et al 08: 4). Vanligvis fokuserer studier av innovasjonssystemer på systemets struktur der diffusjon av teknologi er hovedindikatoren for hvor godt systemet fungerer. Siden fremvoksende teknologier av natur ikke har opplevd spredning enda trengs det andre indikatorer. Ved å bruke en fremgangsmåte som kartlegger systemfunksjoner blir det mulig å få et mer dynamisk bilde av hva som foregår internt i et system *frem mot* eventuell diffusjon (Negro et al. 06: 18).

#### **4.3 Systembarrierer**

Når en skal analysere et teknologisk innovasjonssystem er det viktig å kunne avgrense systemet, med dets komponenter, fra omverdenen. Dette fordi det er interaksjonen mellom systemet og omverden, og interaksjonen mellom de ulike komponentene internt i systemet, beskrevet ved hjelp av spesifiserte funksjoner, som er av interesse. Disse grensene, og komplementære teknologier, kan endre seg etter hvert som teknologien utvikler seg. Dette gjør at det kan være en utfordring å få en presis kartlegging av systemet (Carlsson et al., 2002, Jacobsson&Bergek 2004). Jeg vil presenterer systemet som skal analyseres i denne avhandlingen nærmere under kapittel 6.2.

#### **4.7 Barrierer mot kommersialisering**

Når en teknologi beveger seg fra idefasen og mot diffusjon i kommersialiseringsfasen er det en rekke faktorer som kan vanskeliggjøre denne "reisen". Det er derfor helt avgjørende hvor

godt rustet det aktuelle TIS er til å takle utfordringer knyttet til innovasjonsprosessen.<sup>43</sup> Disse utfordringene kan beskrives som barrierer mot kommersialisering av en teknologisk,<sup>44</sup> og ikke-teknologisk karakter. Disse barrierene kan virke individuelt, men ofte virker flere sammen og forsterker hverandre (Jacobsson & Johnson 00: 633).

#### 4.7.1 Ikke-teknologiske barrierer

En innovasjon er ikke vellykket med mindre den etablerer seg på markedet. Og hvis ikke teknologien etter en viss periode blir konkurransedyktig på det åpne markedet vil seleksjonsmekanismer tre i kraft og den vil miste fotfeste. Teknologien vil da enten forsvinne helt, eller den må nøye seg med og kun betjene et mindre nisjemarked. Det er viktig at bølgekraft blir sosialt akseptert og økonomisk lønnsom. For å oppnå dette må regjeringer og beslutningstakere bli informert om fordelene ved bølgekraft slik at rammebetingelsene forbedres, investorer trenger skikkelig informasjon for å dempe usikkerheten rundt teknologien og verdikjeden involvert i produksjonen må opparbeide seg erfaring slik at en ny industriell sektor kan ta form. Før dette kan oppnås er det behov for å fjerne en del barrierer som for øyeblikket hindrer spredning av bølgekraftteknologi. Lopez og hans kolleger (2008) mener disse barrierene er:<sup>45</sup> *administrative og regulatoriske barrierer* som for eksempel mangel på lobbyvirksomhet, lite gunstige rammebetingelser eller mangel på industristandarder. *Økonomiske og finansielle barrierer* som kan være for lite informasjon om profittmuligheter og usikkerhet om risiko knyttet til investeringer. Dette vil gjøre det mindre attraktivt for private investorer å gå inn i prosjekter. *Sosiale og miljømessige barrierer* kan være hensyn til dyreliv, visuell signatur, sosial aksept og områdereguleringer (Lopez et al 08: 999-1000). Disse barrierene finner vi i dag inn mot alle markeder for bølgekraft, og alle aktører må forsøke å takle dem.

---

<sup>43</sup> I mitt analytiske rammeverk defineres et godt rustet system som et funksjonelt system, det vil si et system som har tilstrekkelig aktivitet på systemfunksjonene.

<sup>44</sup> De teknologiske barrierene vil være spesifikke for en bestemt teknologi og kan vanskelig generaliseres. Hva disse er for bølgekraft ble tatt opp under teknologikapitlet ovenfor.

<sup>45</sup> Det finnes andre måter å definere disse barrierene. En annen inndeling er *institusjonelle barrierer*, *markedsvikt og nettverkssvikt* (Jacobsson&Johnsson 00: 631-633)

#### 4.8 Markedsmekanismer

Hvis en nyskaping skal kunne gi økonomisk gevinst er det helt avgjørende at den når markedet, hvor den kan kjøpes og selges. Studier av markedsetableringsprosesser trekker ofte frem to mekanismer som viktige. Nemlig "market pull" og "technology push". "Market pull"-krefter virker når det er en etterspørsel i markedet etter noe nytt som ingen kan tilby på det daværende tidspunkt. Dette kan føre til at en ny teknologi trekkes ut av laboratoriet og inn på markedet, eller, hvis teknologien ikke eksisterer ennå, føre til utstrakt forskning av ulike aktører for å utvikle noe som kan tilfredsstille denne etterspørselen. "Technology push" krefter virker når det foreligger teknologi, eller kunnskap, som noen oppfatter har et urealisert kommersielt potensial. Hvis man skal få en full forståelse for prosessen bak etableringen av nye markeder må man se på disse mekanismene i kombinasjon (Geroski 03: 24-29). Men det er også viktig å være oppmerksom på at disse mekanismene er teoretiske kategorier med åpenbare svakheter, og at virkeligheten sjelden er like oversiktlig (Dosi, 1982). Den systemiske tilnærmingen til innovasjon vokste frem som et svar på denne dikotomien, der både teknologisk utvikling og markedet kan være en dynamisk kraft i kombinasjon med andre elementer som politikk.

#### 4.9 Nisjemarkeder

Å skape et nytt marked innebærer ofte i begynnelsen å utforske små nisjemarkeder der den nye teknologien er bedre enn den etablerte på noen områder.<sup>46</sup> I disse beskyttede nisjene vil det så foregå en kontinuerlig inkrementell innovasjonsprosess<sup>47</sup> som gjør at produktet foredles og blir av høyere kvalitet, i tillegg til at læringsmekanismer i forbindelse med produksjonen sørger for at prisen på produktet synker.<sup>48</sup> Noen produkter opplever ikke kommersielt gjennombrudd, og vil enten fortsette å eksistere på små spesialiserte markeder eller så vil de forsvinne. Andre produkter vil fortsette å vokse i et nisjemarked før de nærmest eksploderer ut på det generelle markedet (Geroski 03: 145). I multinivå-modellen som F.W Geels introduserer i sin artikkel fra 2002 blir innovasjonssystemet knyttet til

---

<sup>46</sup> Disse markedene kan være kommersielle, men med spesielle seleksjonskriterier, eller de kan være subsidiert.

<sup>47</sup> Inkrementell innovasjon refererer til små, skrittvis forbedringer av en teknologi. Står i kontrast til radikale innovasjoner (drastiske forbedringer av det eksisterende eller helt ferske nyvinninger) og teknologiske revolusjoner (en samling innovasjoner, eller clustere, sammen har en altomfattende innvirkning på økonomien og samfunnet). Inndelingen er basert på arbeidet til Joseph Schumpeter.

<sup>48</sup> Jf. Konseptet om læringskurver (Grubler et al. 1998, Gross et al. 2003)



etablert teknologi omtalt som "regime", mens inkubasjonsrommene for den nye teknologien blir omtalt som "nisjer"<sup>49</sup> (Geels 02: 1259-1261). Det er altså viktig å gi ny teknologi mulighet til å forbedre ytelse og senke kostnadsnivå i et beskyttet marked før den blir utsatt for direkte konkurranse med mer moden teknologi (Porter, 1990, 1998, Grubler et al. 1999, Andersson&Jacobsson 2000; Christiansen&Buen 2002; Foxon et al. 2005). Mulighetene kan også forbedres ytterligere hvis nye aktører finner et eller flere markedssegmenter som kan fungere som en bro fra nisjen over til massemarkedet (Andersson&Jacobsson 2000, Jacobsson&Bergek 2004, Jacobsson 2008).

Bølgekraft er i dag konkurransedyktig i noen nisjer, som for eksempel i navigasjonsbøyer, avsalting av sjøvann og kraftleveranse til små øyer som tidligere bare hadde tilgang til dyr kraft fra dieselgeneratorer. En ny nisje som kan være aktuell i den nærmeste fremtid er leveranse av fornybar energi til plattformene i olje- og gassektoren. Poenget er at det først må etableres en eller annen form for et marked for at den nye industrien kan begynne utviklingen gjennom forskjellige faser av modenhet, og dra nytte av læringseffekter. I løpet av en slik utvikling vil også industrielle læringseffekter sørge for at prisen på teknologien vil synke. Resultatet av en slik prosess vil være, som det har blitt observert for en rekke teknologier, at det vil vokse frem et "dominant design".<sup>50</sup>

#### 4.10 Dominant Design

Fra 1975 til 1978 publiserte William J. Abernathy og James M. Utterback en rekke artikler som la grunnlaget for en teori om innovasjonsdynamikk i industrien.<sup>51</sup> Denne teorien fremmet en påstand om at forholdet mellom produkt- og prosess innovasjon over tid følger et mønster,<sup>52</sup> og at det er viktige sammenhenger mellom disse innovasjonsprosessene. Det er altså en modell som forøker å kutte gjennom to dimensjoner: (1) bestående av

---

<sup>49</sup> Det finnes en lignende tilnærming i litteraturen kalt "strategic niche management", men den fokuserer mer på politisk definerte nisjer for ny teknologi (Kemp, Schot&Shogma, 1998).

<sup>50</sup> Et "dominant design" defineres av Utterback som et design i en produktklasse som vinner markedets gunst, og er det designet som konkurrenter må forholde seg til, kanskje etterligne. Et godt eksempel er vindkraftteknologi. I dag tenker man automatisk på et høyt, smalt tårn med en propell med 2 blader festet til en generator på toppen. Dette designet er et resultat av en lang utviklingsprosess.

<sup>51</sup> Disse artiklene la grunnlaget for boken Utterback publiserte i 1994, etter Abernathys død; "*Mastering the Dynamics of Innovation*"

<sup>52</sup> Utterback presiserer imidlertid at dette mønsteret hovedsakelig har blitt observert når det gjelder produkter der kostnad og ytelse er de primære seleksjonsfaktorene.

produktinnovasjon, prosessinnovasjon, konkurranse og organisasjoner; og (2) livssyklusen til selve industrien (Utterback 04: 92). Videre argumenterte forfatterne for at industrien utvikler seg gjennom tre faser, fra "fluid phase", deretter gjennom "transitional phase" før den ender i "specific phase".

I "*fluid phase*" er industrien ennå ung og det foregår en hel del eksperimentering med produktdesign og teknologiske løsninger blant flere aktører som ønsker å etablere seg på et fremvoksende marked. Det vies her liten oppmerksomhet til prosessene rundt fremstillingen av produktene. I følge modellen som Abernathy&Utterback presenterer går industrien etter hvert over i en "*transitional phase*" der produktinnovasjonene minker i antall og gir plass til prosessinnovasjoner som søker å forbedre og effektivisere selve produksjonen. Det blir mindre produktvariasjon og markedet begynner så smått å samle seg om noen få teknologiske løsninger. Disse teknologiene selekteres på bakgrunn av hvilke som best tilfredsstiller brukerkriterier hos mange grupper av brukere, eller imøtekommer vedtatte legale eller regulerte standarder. Det foregår med andre ord et samspill mellom tekniske og markedsmessige valg i denne prosessen (Utterback 94: 26). I denne perioden vil andre aktører bli skviset ut av markedet og konkurransen mellom de gjenværende aktørene vil deretter dreie seg om og finne frem til den mest mulig kostnadseffektive måten å fremstille den "valgte" teknologien på. Fremveksten av et "dominant design" er sentralt ved denne fasen. Noen aktører som har falt fra underveis vil kanskje forsøke å komme inn på markedet igjen, samtidig som at nye konkurrenter vil komme til. Alle må uansett forholde seg til at det er visse karakteristikk som må være inkorporert i designet for at de skal være konkurransedyktige. Det er imidlertid ikke alltid det teknologisk mest avanserte alternativet som vinner frem (Utterback 94: 4-7).

Det finnes flere teorier om hvordan denne utvelgelsesprosessen virker. Enkelte mener at det er et samspill mellom tilfeldigheter. Andre har et mer deterministisk ståsted, og mener at det er noe implisitt i teknologien som gjør den til en vinner. Andre igjen foreslår at det er sosiale<sup>53</sup> og organisasjonelle<sup>54</sup> faktorer som spiller inn. Ingen av disse tankeretningene kan

---

<sup>53</sup> Lovgivning, rammebetingelser og sosial aksept for eksempel.

<sup>54</sup> Aktører kan bedrive strategisk posisjonering (tilknytte seg viktige underleverandører etc.), hvis det er en stor nok aktør kan de presse igjennom industristandarder som gir dem en fordel, følge nøye med hva markedet etterspør ved hjelp av egne undersøkelser eller de kan allerede være i besittelse av elementer som gir en konkurransefordel (merkevare, markedskanaler) (Utterback 94: 27-28).

sies å ha hele svaret, men alle bidrar til forståelsen av hvordan ett dominant design oppstår. Felles for mange dominant design er imidlertid at de har en enkelhet og eleganse over seg sammenlignet med andre design, i tillegg til at det, som jeg var inne på ovenfor, er viktig å lytte til hva brukerne ser etter i produktene (Utterback 94: 48-50). Interaksjonen mellom teknologisk utvikling, organisasjoner og konkurranse på markedet er mer komplekst og dynamisk enn eksisterende modeller beskriver, og det er nettopp denne dynamikken som modellen om industrifaser forsøker å illustrere (Utterback 94: 80).

Industrier går til sist over i en "specific phase" der både produkt- og prosessinnovasjoner reduseres drastisk. Begrepet tar utgangspunkt i at det på dette tidspunktet er en spesifikk, eller noen få, godt fungerende teknologier som markedet og industrien samler seg om. Det vil da bli ekstremt fokus på kostnader, volum og kapasitet, og innovasjonen videre vil skje i små inkrementelle skritt. Så kan man spørre seg om en industri kan utvikle seg videre etter denne fasen, som karakteriseres ved at den er sterkt kapitalisert, kontrollert og en generelt lite innovativ. Utterback mener at det er mulig, og nevner den Japanske produksjonsmetoden med fleksibel produksjon<sup>55</sup> som et eksempel på at det er mulig å komme videre etter "specific phase".<sup>56</sup>

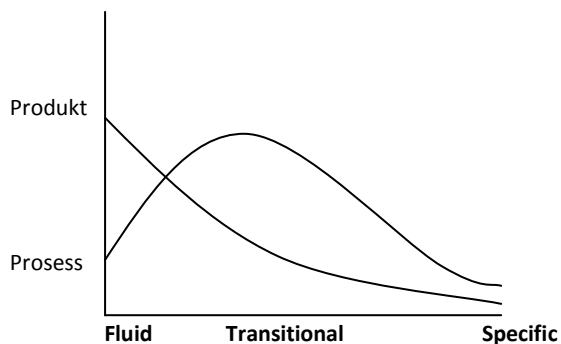
Modellen om industrifaser som Utterback presenterer har vist seg å være fruktbar når en forsøker å forstå utviklingen i en rekke industrier, men det er ingen generell lovmessighet knyttet til dette historiske utviklingsløpet (Utterback 94: Introduction xvii-xix). Det er dermed knyttet stor usikkerhet og risiko til det å være aktør i et fremvoksende marked på vei inn i "fluid phase". For å unngå denne usikkerheten kan en annen strategi være å vente til markedet har stabilisert seg og produksjonsteknikker har blitt standardisert. Men da vil det

---

<sup>55</sup> Denne produksjonsmetoden gjør det mulig å lage mindre partier med unike, skreddersydde produkter på standard produksjonsplattformer, og dermed kunne bedre tilfredsstille markedet. Produksjonen kan fremdeles dra nytte av storskalaproduksjon og gjør skam på den gamle ideen om at kvalitet og lav kostnad er gjensidig utelukkende.

<sup>56</sup> En annen tilnærming til hvordan industrien kan fortsette å utvikle seg etter "specific phase" presenterer Clayton M. Christensen i sin bok "The Innovators Dilemma" (1997). Han skiller mellom etablerte (sustaining) og utfordrende (disruptive) teknologier. Etablerte teknologier går igjennom en inkrementell forbedring av ytelse og pris langs de dimensjonene som markedet ønsker (inkrementell innovasjon på dominant design). Men av og til kommer det en teknologi som ved første øyekast ikke burde være i stand til å true den etablerte (forts. s 29) teknologien, men i kraft av å være billigere, mindre, mindre komplisert og enklere å bruke gjør den nettopp det. Et eksempel er hvordan Honda, Kawasaki og Yamaha kapret et stort marked i USA rett foran nesa på Harley Davidson med sine små off-road motorsykler (Christensen 97: introduction xviii).

være høye økonomiske barrierer inn til markedet og det vil kreves store investeringer for i det hele tatt å kunne ha en mulighet til å konkurrere med de etablerte aktørene, som har hatt god tid til å perfektionere sin drift. De mest attraktive markedssegmentene vil være mer utilgjengelige ettersom konkurrentene kan presse sine priser ned ved hjelp av storskalaproduksjon, og de har sannsynligvis også knyttet til seg de beste underleverandørene (Utterback 94: 89).



*Figur 5.* Figuren ovenfor er en illustrasjon av hvordan utbredelsen av produktinnovasjon i en industri forholder seg til utbredelsen av prosessinnovasjon i de ulike fasene av utviklingen (hentet fra Utterback, 1994).

En litteraturgjennomgang jeg har gjennomført her skal gjøre det mulig å formulere skarpere og mer innsiktsfulle spørsmål om et tema. Den skal ikke nødvendigvis besvare hva som er status på den foreliggende kunnskapen (Yin 03: 9).

#### 4.11 Forskningsspørsmål

Basert på en antakelse om at aktører innen bølgekraft bør ha et bevisst forhold til visse aktiviteter, definert som funksjoner, og at industriens modenhet har konsekvenser for teknologiutviklingen, reiser jeg forskningsspørsmålene:

- Hvordan kan Pelagic Power styrke muligheten for å lykkes med kommersialisering av sin teknologi?
- Hvordan har det faktum at bølgekraft er en umoden industri innvirket på innovasjonsprosessen?

For å besvare det første forskningsspørsmålet vil jeg gjennomføre en historisk funksjonsanalyse med utgangspunkt i teorien om TIS. Denne analysen vil kunne tydeliggjøre

hvilke funksjoner som ikke har blitt viet nok oppmerksomhet.<sup>57</sup> For å besvare det andre forskningsspørsmålet vil jeg trekke inn teori om industrifaser, markedsmekanismer og nisjemarkeder.

## 5. Forskningsdesign og metode

Dette kapitlet tar for seg forskningsdesign og metodiske valg. Mitt ønske helt fra starten av prosjektet var å beskrive den dynamiske prosessen i et umodent TIS som befattet seg med kommersialisering av ny miljøteknologi, og identifisere hvordan denne prosessen kunne optimaliseres. Enhet for analyse er dermed et TIS, bestående av flere aktører. Valg av metode og design er gjort for best å kunne besvare forskningsspørsmålene som blir reist.

### 5.1 Forskningsdesign

I academia skiller en gjerne mellom kvalitative<sup>58</sup> og kvantitative<sup>59</sup> forskningsdesign.

Kvalitative og kvantitative design har sine respektive styrker og svakheter, og valg av design er avhengig av forskningsspørsmålet. Det er forøvrig viktig å merke seg at kvalitative og kvantitative metoder bør anses som komplementære snarere enn motsetninger (Ringdal 01: 107-108). I denne avhandlingen bruker jeg en kvalitativ casestudie tilnærming, der både kvalitative og kvantitative data kan inngå.<sup>60</sup> Men på grunn av avhandlingens omfang og tilgjengelig tid vil de kvantitative dataene være lite sentrale i argumentasjonen. Studien er videre av en forklarende art.<sup>61</sup>

---

<sup>57</sup> I teorien om TIS argumenteres det for at alle funksjonene må dekkes tilfredsstillende for å lykkes med innovasjon.

<sup>58</sup> Forskere som bruker kvalitative design fokuserer på meninger og formålsforklaringer, der datagrunnlaget foreligger i tekstform innhentet ved hjelp av dybdeintervjuer. De arbeider ikke med forhåndsdefinerte variabler, og begynner med svært generelle begrep som under forskningsprosessen gis mening og blir mer presist definert (Ringdal, 2001).

<sup>59</sup> Forskere som bruker kvantitative design starter med å definere de variablene som er av interesse, setter disse sammen i hypoteser og tester dem opp mot data. De er opptatt av årsaksforklaringer, og formålet med disse testene er å finne ut om det er sammenheng mellom uavhengige og avhengige variabler. Er det en sammenheng bekreftes hypotesen, er det ikke noen sammenheng forkastes den (Ringdal, 2001).

<sup>60</sup> Teorien jeg benytter som mitt analytiske rammeverk åpner for å også supplere de kvalitative funnene med en mer kvantitativ analyse av antall aktiviteter på de ulike funksjonene i TIS. Men at disse resultatene uansett bare kan benyttes til å underbygge hovedsakelig kvalitative argumenter (M.P Hekkert, S.O Negro 08: 4).

<sup>61</sup> Andre designtyper er eksplorerende og deskriptiv (Yin 03: 1)

## 5.2 Casestudier

Casestudier er en av flere strategier for å gjøre sosialvitenskapelig forskning. Valg av strategi avhenger vanligvis av tre forhold:

- 1) Forskningsspørsmålet
- 2) Grad av kontroll forskeren har over begivenhetene
- 3) Om det er fokus på samtidige eller historiske fenomen

Generelt kan man si at casestudier kan benyttes for å besvare "hvordan" eller "hvorfor" spørsmål, når forskeren har liten eller ingen kontroll over begivenhetene og fokuset er på samtidige fenomener i en realistisk kontekst (Yin, 2003). I min studie ønsker jeg å se på "hvordan" et TIS kan øke innovasjonshastigheten, og "hvordan" det påvirkes av å operere i en umoden industri. Dette TIS igjen er berørt av sine økonomiske, politiske og sosiale omgivelser. Jeg vil presisere at et TIS er en teoretisk størrelse som ikke vil være åpenbar for selv for de som er en del av det. En del av min analyse vil derfor nødvendigvis også være å definere og avgrense dette systemet fra den konteksten det befinner seg i. Jeg vil videre ha fokus på hvordan systemet har utviklet seg over tid og fremstår i dag, slik at analysen dreier seg om et samtidig fenomen som jeg som forsker har ikke har noen kontroll over. Å bruke en casestudie tilnærming åpner for en mer aktørorientert analyse, noe som er nødvendig når det er komplekse sosiale prosesser som skal analyseres (Yin 03: 3). Casestudier er også et godt design når grensen mellom studieobjekt og kontekst er vanskelig å trekke (Yin 03: 13).

## 5.3 Valg av case

Når jeg satte i gang med dette prosjektet hadde jeg lenge vært klar over at jeg ønsket å skrive om bølgekraft. I den tidlige fasen av interesse ble jeg overasket over at det bare fantes 1 bølgekraftverk på markedet,<sup>62</sup> sett i lys av at det har foregått forskning på området i 30 år. Å bruke Pelagic Power som case var en avgjørelse som kom noe senere, og ble gjort på bakgrunn av egne vurderinger om at dette var det mest lovende konseptet, rent teknologisk, som ble utviklet i Norge.

---

<sup>62</sup> Produsert av Pelamis Wave Power Ltd. (<http://www.pelamiswave.com/>)

## 5.4 Innsamling av intervjudata

Datamaterialet er hentet inn ved hjelp av 6 halvstrukturerte dybdeintervjuer med strategisk utvalgte informanter. Informantene ble kontaktet i kraft av sin posisjon og evne til å belyse relevante områder, og er følgelig ikke anonymisert. Johannes Falnes ble kontaktet mye på grunn av hans enestående kunnskap om bølgekraftmiljøet i Norge helt siden begynnelsen.<sup>63</sup> Monika Bakke, fra WaveEnergy AS, ble kontaktet for å gi ytterligere ett perspektiv på hvordan det oppleves å være en aktør innen bølgekraft i Norge. Samtalene med Anders Tørud og Nils Arne Nes var viktige for arbeidet med den kronologiske redegjørelsen av innovasjonsprosessen Pelagic Power har vært igjennom. Kjell Olav Sjølsvik ble kontaktet for å kommentere ENOVAS rolle i innovasjonsprosessen, i tillegg til at han var en viktig informant når det gjaldt støtteordninger og rammebetingelser generelt i Norge.

Jeg fikk tidlig i studien etablert kontakt med prosjektlederen i Pelagic Power AS, og han fungerte deretter som min nøkkelinformant, noe som har fungert veldig bra. Innovasjonsprosessen ble rekonstruert på bakgrunn av to dybdeintervjuer med Anders, i tillegg til at jeg kryssrefererte visse hendelser med andre informanter for å øke påliteligheten og nøyaktigheten i informasjonen. De to intervjuene med Anders ble med vilje foretatt med relativt langt mellomrom, tidlig og sent i studien, slik at jeg kunne bruke andre Intervjurunde til å belyse eventuelle uklarheter.

## 5.5 Intervjusituasjonen

Alle intervjuene tok utgangspunkt i den samme intervjuguiden, som var laget for systematisk å hente informasjon om de syv systemfunksjonene som er i fokus i analysen. Deler av intervjuguiden ble spesialtilpasset hver informant for å hente inn annen relevant bakgrunnsinformasjon som var av interesse i analysen. Alle intervjuene ble gjort fra rom B429 på Eilert Sundts Hus, UiO, over mobiltelefon,<sup>64</sup> med en båndopptager liggende ved siden av telefonen i fem av intervjuene. Intervjuene hadde en varighet på mellom 30 minutter og 90 minutter. Johannes Falnes ønsket en mer avslappet intervjusituasjon og ytret et ønske om at jeg droppet båndopptageren, noe jeg da også gjorde.

---

<sup>63</sup> Navnet til Johannes Falnes dukket stadig vekk opp i artiklene jeg leste.

<sup>64</sup> Fordi alle informantene befant seg utenfor Oslo området, og jeg hadde begrensede midler og tid til reising.

## 5.6 Innsamling annen data

I begynnelsen av arbeidet med oppgaven vekslet jeg mellom datainnsamling og teoretisering av empirien. Jeg hadde flere aktuelle analytiske rammeverk som kunne benyttes, så jeg var avhengig av å finne ut hvilket som best passet til mitt formål, som var en kvalitativ evaluering av en bedrift som skulle kommersialisere ny miljøteknologi. Etter hvert fant jeg ut at teoriretningen som postulerer en funksjonell analyse av et TIS var mest hensiktsmessig.<sup>65</sup> Denne fasen var dermed preget av vekselvirkninger mellom teori og empiri. Første fase av arbeidet benyttet jeg i tillegg til å lese meg opp på temaområdet bølgekraft. Jeg gikk bredt ut og tok for meg den historiske utviklingen i Norge og resten av verden, både når det kom til det rent teknologiske, men også det politiske aspektet med variasjon i rammebetingelser og status på bølgekraft i de ulike landene. Mye av denne informasjonen ble funnet ved hjelp av en systematisk gjennomgang av relevante e-tidsskrifter, der jeg fant en rekke artikler som omhandlet bølgekraft. Jeg fikk også mye verdifull informasjon fra internasjonale og nasjonale nettsider om bølgekraft.<sup>66</sup> I denne prosessen benyttet jeg meg av snøball metoden, der jeg ble ledet fra en artikkel eller nettside til en annen ved å se på referanselisten. Etter hvert snevret jeg søkingen av ny informasjon mer og mer inn mot Norge og norsk aktivitet, og hva som har skjedd innen bølgekraft her. Dette fordi caset jeg skulle analysere befant seg i Norge. Alt av arkivdata og interne dokumenter fra Pelagic Power ble oversendt på e-mail av min nøkkelinformant, Anders Tørud. For å få oversikt over norsk miljøpolitikk generelt, og norske rammebetingelser for bølgekraft saumfarte jeg regjeringens hjemmesider<sup>67</sup> og leste aktuelle stortingsmeldinger.

## 5.6 Bearbeiding av datamaterialet

Begge intervjuene med Andres Tørud ble transkribert i sin helhet. De andre intervjuene skrev jeg sammendrag av, der jeg plukket ut det som var relevant i henhold til forskningsspørsmålene. Alle intervjuene, også de som delvis ble kodifisert ved hjelp av sammendrag, ble deretter nøye gjennomgått for relevant informasjon. Tekstene ble deretter

---

<sup>65</sup> Koneptualiseringen om TIS gjør det mulig å inkludere alle aktørene som er involvert i analysen, og i kombinasjon med et sterkt mikrofokus gir det et mer realistisk og dynamisk bilde av hva som virkelig skjer.

<sup>66</sup> Jeg hadde spesielt utbytte av hjemmesiden til "International Energy Agency-Ocean Energy Systems", og årsrapportene herfra. (ref. <http://www.iea-oceans.org/>)

<sup>67</sup> <http://www.regjeringen.no/nb.html?id=4>



kodifisert ved hjelp av tematiske nøkkelord<sup>68</sup> ute i margen, slik at jeg hadde oversikt over hvor ulike temaer ble omtalt. Dette var en viktig del av analyseprosessen da mine egne fortolkninger av datamaterialet var involvert. Jeg brukte samme fremgangsmåte på alle dokumenter og arkivdata.

#### **5.4 Reliabilitet, validitet og generalisering**

Når kvaliteten på det empiriske arbeidet i samfunnsvitenskapelig forskning skal bedømmes er det vanlig å bruke begrepene validitet og reliabilitet.

Reliabilitet, eller pålitelighet, går ut på at gjentatte målinger under like omstendigheter skal gi samme resultat. For å oppnå tilfredsstillende reliabilitet har jeg beskrevet konteksten<sup>69</sup> og fremgangsmåten i studien så inngående som mulig. Jeg sendte også intervjuguiden på mail til informantene i forkant av intervjuene som de hadde mulighet til å forberede seg.

Validitet, eller gyldighet, går ut på om en måler det en faktisk vil måle. Disse begrepene representerer ulike tester som det vitenskapelige samfunnet kan ta i bruk for å avdekke eventuelle logiske brister i argumentasjonen. Tester som avgjør validitet kan brytes ned i 3 ulike typer (Yin 2003).

*Begrepsvaliditet* er sentralt for å være sikker på at måleenhetene er tilstrekkelig operasjonalisert. Det vil si at måleenhetene er så godt definert at det er mulig å innhente tilfredsstillende målinger av fenomenet begrepet skal representere. Jeg bruker begreper som vanligvis brukes i analyser av TIS, og disse ble nøye introdusert i teorikapitlet. Der forklarer jeg hvordan disse begrepene (les: funksjonene) benyttes i analysen. Jeg er definerer også etter beste evne enheten for analysen, et TIS, i kapitlet "Systembygging i praksis".

*Intern validitet* er mest relevant for kausale case-studier, der sammenhengen mellom to ulike fenomener skal forklares. Hvis denne formen for validitet ikke er ivarettatt kan det være spuriøse forklaringer på sammenheng mellom to fenomener. Det vil si at det kan være en tredje ukjent faktor som har innvirkning på årsakssammenhengen. Jeg har brukt flere

---

<sup>68</sup> Disse nøkkelordene fungerte som kategorier, som var plukket ut med omhu på forhånd.

<sup>69</sup> Teknologien, aktørene i TIS, historisk utvikling, politisk bakgrunn

datakilder for å øke den interne validiteten. Jeg har også bevisst brukt informanter som representerer ulike aktører, og jeg har brukt triangulering<sup>70</sup> i analysen av datamaterialet.

*Ekstern validitet* håndterer problemet med generaliserbarhet, det vil si om funn fra at case kan ha forklaringskraft for en større populasjon av lignende case. Denne testen har vært kilde til mye kritikk rettet mot case-studier, da ett case gir lite grunnlag for å generalisere (Yin 03: 33-39). Denne kritikken er nok på mange måter berettiget hvis man forutsetter at kvantitative design, med sine utvalg og populasjoner, er en slags standard som andre forskningsdesign skal måles opp mot. Men det er ikke bare statistisk generalisering, som kvantitative analyser benytter seg av, som kan evne og si noe om virkeligheten i et større perspektiv. Forskere som bruker kvalitative design kan tillate seg å gjøre en analytisk, eller teoretisk, generalisering, der de tar utgangspunkt i resultater fra en undersøkelse og ser dem i sammenheng med en bredere, relevant teori. Generaliseringer av denne typen er ikke automatiske. En teorisk forklaringskraft, og evne til å generalisere, økes ved at en akkumulasjon undersøkelser viser noenlunde samme resultater. Ekstern validitet styrkes også ved den strategiske utvelgingen av case.

Jeg går ikke ut i fra at resultater fra min undersøkelse kan overføres direkte til andre TIS, selv om de eksisterer under nesten identiske omstendigheter. Jeg har ikke satt i gang dette prosjektet for å kunne konkludere med at jeg har avdekket en "winning-formula" for kommersialisering av miljøvennlig teknologi ved prosjektets slutt. Derimot har jeg ambisjoner om å komme med innspill til hvordan et spesifikt TIS kan øke sjansene for å lykkes med innovasjon, og derigjennom bidra til kunnskapsbasen om innovasjon generelt og TIS spesielt. Når dette er sagt håper jeg allikevel at studien kan være av interesse for aktører som opererer under noen av de samme omstendighetene og forutsetningene som PP. Det vil si aktører som kan defineres som TIS, og arbeider med å kommersialisere teknologi for fornybar energi i et fremvoksende internasjonalt marked. Dette vil i så tilfelle være en teoretisk generalisering (Yin, 2003).

---

<sup>70</sup> Hente informasjon om et fenomen fra flere kilder.

## 6. Analyse: Systembygging i praksis

### 6.1 Den lange oppstarten: Første forsøk på systembygging (1973-1992)

Hovedfokus i denne redegjørelsen vil være på norsk aktivitet innen bølgekraft. Men jeg velger å inkludere Storbritannia fordi det på mange måter var der den moderne satsningen for alvor begynte, samtidig som aktiviteten der ble påvirket av forskning og utvikling i Norge. Det er i tillegg i Storbritannia, sammen med Portugal, at PP ser for seg at det største markedet for bølgekraftteknologi vil komme i den nærmeste fremtid. Det er det fremvoksende markedet i disse to landene som Pelagic Power har ambisjoner om å etablere seg i. Anders Tørud formulerte det slik: *"For oss, uansett så er ikke det norske markedet så viktig (...) Vi er ikke avhengig av at norske politikere beslutter at det skal bygges ut i Norge, så lenge man her et sterkt voksende marked i Storbritannia"*. Japan er også med siden forskningen til Masuda blir i følge mine kilder ansett som meget viktig for at bølgekraft har fått en viss legitimitet i dag.

#### 6.1.1 Historisk bakgrunn

At vann i bevegelse har et enormt energipotensial er neppe revolusjonerende ny kunnskap. Teknologi for å bruke energi fra elver og fossefall har vært en del av de fleste store sivilisasjoner opp igjennom historien. Norge er et godt eksempel på moderne utnyttelse av vannkraft, som siden 1960 har installert hydroelektrisk kapasitet på over 27.000 MW. Noe som gir en årlig produksjon på rundt 113 TWh (Christensen 02: 2). At det ikke har vært like store fremskritt når det kommer installert effekt av bølgekraft kan muligens tilskrives tilfeldigheter. Allerede i 1799 ble det første patentet på et bølgekraftverk registrert av far og sønn Girard i Paris. Ideen var å bygge en gigantisk bjelke som var festet til en flottør på havet og til for eksempel en pumpe, et hjul eller en hammer på land. Når flottøren<sup>71</sup> beveget seg opp og ned kunne man bruke den relative bevegelsen på land til å sette ting i bevegelse. I nyere tid har forskning på bølgekraft vært dominert av en håndfull nasjoner: Norge, Japan, Storbritannia, Portugal, Spania og USA.

---

<sup>71</sup> Det var foreslått å bruke et skip.

### 6.1.2 Bølgekraft i Norge

Helt siden 1973 har det vært gjennomført grunnleggende forskning på bølgekraft ved fysikkavdelingen ved NTNU i Trondheim. Det var førsteamuens Kjell Budal som tok initiativet til denne forskningen. Kjell Budal og Johannes Falnes publiserte teoretiske artikler om bølgekraft så langt tilbake som 1968. Professor Johannes Falnes var dermed med fra begynnelsen av, og i tillegg til syv-åtte andre personer gjorde bølgeenergigruppa ved NTNU (frem til 1996: NTH), særlig de ti første ti åra, banebrytende arbeid som også ble godt internasjonalt kjent (Falnes&Lillebekken 97: 1-2).

Fra 1978 ble det gjennom Olje- og Energidepartementet (OED) gitt offentlige bevilgninger til bølgekraftforskning i Norge. I den første femårsperioden ble det bevilget ca. 55 mill. kr., og i de to neste henholdsvis 28 og 18 mill. kr.<sup>72</sup> (Falnes 08: 6-7). Det var imidlertid ikke helt uproblematisk å få tilgang på disse bevilgningene. Alle partiene som kom inn på Stortinget etter Stortingsvalget i 1977 hadde fornybar energi på programmet, og det var stor politisk velvilje til å satse tungt. Men Forskningsrådet var ikke villige til å forvalte pengene som politikerne bevilget, da de, sammen med det industrielle etablissementet, ikke så noen verdi i å satse på noe som var "politisk valgflesk".<sup>73</sup> Bølgeenergigruppa, med Johannes Falnes og Kjell Budal i spissen, måtte derfor rette søknadene sine til OED. OED mente de ikke hadde tilstrekkelig kompetanse til å behandle disse søknadene, og opprettet komiteer til dette arbeidet. Så mye som 50% av alle statlige bevilgninger til forskning på fornybar energi gikk til bølgekraft i perioden 1979-1982. Det virket som denne satsningen skulle fortsette da det i 1982 kom en stortingsmelding som forespeilet bølgekraft kunne bidra med 23,6 TWt til det norske nettet innen 2010 (St.meld. nr 65, 1981-1982).

Det var under den andre femårsperioden, i 1985, med bevilgninger at to bølgekraftanlegg på Tofteshallen i Hordaland ble bygget av NorWave Technology AS og Kværner Bruk, der Staten og private investorer delte regningen. Installasjonene ble åpnet med brask og bram av daværende olje- og energiminister Kåre Kristiansen. Disse kraftverkene fikk stor internasjonal oppmerksomhet, og flere fremtredende internasjonale forskere besøkte installasjonene, deriblant Stephen Salter fra Storbritannia. FNs miljøkommisjon, med Gro

---

<sup>72</sup> Ikke inflasjonskorrigerte summer.

<sup>73</sup> Fra forfatterens intervju med Johannes Falnes.

Harlem Brundtland i spissen, tok også turen til Øygarden for å se på nyvinningen. Dette var tross alt første gang bølgekraftverk kunne beskues i operativ virksomhet (Ross 95: 155).

Norwave sin installasjon, døpt Tapchan, var basert på høydemagasinprinsippet. En 90 m. lang kanal gikk fra havnivå og opp til et magasin plassert noen meter overenfor, på land. Kanalen smalnet mot toppen, slik at bølgen ble tvunget oppover av presset fra bølgene som kom bak den. Vannet rant deretter ned gjennom en turbin som genererte 350 kW. Kværner Bruk, på sin side, satset på et konsept basert på stigende vannsøyleprinsippet. Det var en stor konstruksjon som var over 19 meter høy og hadde en output på mellom 100 og 500 kW. Nok til 1000 familier, i følge Kværner Bruk selv. I desember 1988 ble bølgekraftverket til Kværner Bruk totalskadet i en storm. Senere undersøkelser avdekket at bølgekraftverket ikke var godt nok forankret, samtidig som det var dimensjonert til å takle for små bølger. Ikke lenge etterpå ble Norwave sin installasjon nedlagt etter en sprengningsulykke under vedlikeholdsarbeid der en person døde (Ross 95: 159-164).

Det har altså vært en viss satsning på bølgekraft i Norge over lengre tid, men mange mener den har vært for lite målrettet og for liten i omfang, og etter 1992 ble bevilgningene mindre og mindre. I 2003 blir det imidlertid økende aktivitet innen bølgekraft, noe jeg kommer tilbake til i kapittel 6.2.

### **6.1.3 Japan: En viktig bidragsyter**

Da forskningen på startet opp på NTH i 1973, hadde det allerede foregått eksperimentering i lang tid i Japan. Professor Yoshio Masuda, tidligere marineoffiser i Japan, var den første som tenkte på å omgjøre energi fra vann i bevegelse til luftstrømmer, for så å bruke disse luftstrømmene til å generere elektrisitet fra luftturbiner. I 1947 konstruerte han navigasjonsbøyer basert på dette prinsippet som ble en stor suksess, og kan det kan argumenteres for at dette er den første og eneste vellykkede innovasjonen innen bølgekraft til dags dato. Bøylene Masuda sjøsatte i 1947 gjorde jobben sin i mer enn 20 år,<sup>74</sup> og det er mange slike bøyer utplassert også i dag. Virkeprinsippet ble senere inspirasjonen for en stor gruppe konsepter, nemlig de som baserer seg på stigende vannsøylor. Japan har imidlertid

---

<sup>74</sup> Noe som gir en lav *life-cycle cost*

vært lite involvert i utvikling av bølgekraft etter Masudas revolusjonære design (Ross 95: 47, 124-125).

#### **6.1.4 Storbritannia: "flying start" og "sudden death"**

Omtrent samtidig med at bølgekraftgruppen satte i gang ved NTH, fant det sted en parallell utvikling i Storbritannia. Under oljekrisen som fulgte av krigen mellom Israel og Araberlandene i 1973, ble Stephen Salter, en ingeniør ved universitetet i Edinburgh, utfordret av sin kone til å løse energikrisen. Han startet nærmest umiddelbart å se etter løsninger på denne enorme utfordringen (Ross 95: 9-11). Etter en periode med søken etter potensielle kilder til fornybar energi bestemte han seg for å satse på å utvikle teknologi som kunne hente kraft fra bølger.

29. april 1976 annonserte Energidepartementet i den britiske regjeringen at de skulle bruke over 1. million pund på å undersøke muligheten for å høste energi fra bølger. Det var, i følge David Ross,<sup>75</sup> starten på en lang kamp mot naturen, mot vitenskapelige problemer og mot etablerte krefter innen politikk og energi. ( Ross 95: 15). To år senere ble det gjort opp status på satsningen på en konferanse på Heathrow hotell 22. og 23. November. Her presenterte Salter resultatene av sin forskning, et konsept han kalte "the Duck".<sup>76</sup> Andre forskere presenterte også sine design, og stemningen var positiv. Men da et konsulentfirma la frem sine kostnadsoverslag for energi fra bølger stilnet entusiasmen hos beslutningstakerne. Disse overslagene var jevnt over tre ganger så høye som forskernes egne estimer.

Allerede i 1982, etter bare fire år med forskning, ble programmet for bølgekraft i lagt ned av den britiske regjeringen etter en noe "tåkelagt" saksbehandling som konkluderte med at energi fra bølger ville bli for dyr til å være konkurransedyktig.<sup>77</sup> Det finnes indikasjoner på at det var ufine politiske manøvre fra representanter for kjernekraftindustrien som sørget for at regjeringen snudde i satsingen på bølgekraft, men den diskusjonen ligger utenfor omfanget av mitt prosjekt.

---

<sup>75</sup> En respektert frilansjournalist som har skrevet om bølgekraft siden 1976, og er forfatter av den anerkjente boken "Power from the Waves" (1995).

<sup>76</sup> Mye av kunnskapen fra utviklingen ligger også til grunn i bølgekraftverket som Pelamis Wave Energy begynte å utvikle i 1998.

<sup>77</sup> Programdirektøren for bølgeenergiprogrammet fikk ikke lov til å delta på møte med Advisory Council on Research and Development holdt i Sunningdale, 19. og 20. Mars, 1982. Da skulle fremtiden for programmet avgjøres (Ross 95: 132).

I dag er Storbritannia igjen i førersetet, sammen med Portugal, når det gjelder forskning og utvikling innen bølgekraft. De har allerede fått på plass en feed-in tariff<sup>78</sup> på 1,5 kr./KWh, i tillegg til at det systematisk tilrettelegges for aktører som ønsker å levere fornybar energi. For eksempel gjennom "The Renewables Obligation", "The Energy Act 2008", "The Marine Bill" og "Revised Environmental Impact Assessment 2009" (IEA-OES, 2008). De har også investert tungt i infrastruktur ved European Marine Energy Center (EMEC) ved Orkenøyene utenfor Skottland. Da EMEC ble etablert i 2004 var det verdens første marine testsenter der det var mulig å teste teknologi under realistiske forhold tilkople nettet. Det var også her Pelamis Wave Energy lyktes med å være det første bølgekraftverket til levere strøm til nettet, med et konsept som var basert på Stephen Salters "the Duck" (IEA-OES 2008: 60-63).

Har så teknologiutviklingen fra denne tidlige perioden hatt noen positive konsekvenser for nyere initiativ innen bølgekraft? Viktigst for Pelagic Power er utvilsomt all kunnskapen som var tilgjengelig i forskningsmiljøene ved NTNU, og som de fikk tilgang på i systembyggingsprosessen. Det kan også være positivt at det over tid har utviklet seg en politisk velvilje mot miljøteknologi generelt, selv om dette ikke har kommet PP til gode, så langt. Grunnlaget for dagens bølgekraftmiljø ble lagt i denne perioden.

## **6.2 Den nye begynnelsen (ca. 2003): Andre forsøk på systembygging rundt bølgekraft i Norge**

Fra rundt 1992 var det lite aktivitet i bølgekraftmiljøet i Norge og ellers i verden. Men etter 2003 ble det igjen økt bølgekraftaktivitet i Norge ved flere avdelinger ved NTNU, hovedsakelig Centre for Ships and Ocean Structures (CeCOS), Institutt for bygg, anlegg og transport, Institutt for elkraftteknikk, Institutt for energi- og prosess teknikk og Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse. Det dukket også opp en del nye norske teknologiutviklere rundt denne tiden, som for eksempel WaveEnergy AS,<sup>79</sup> Fobox<sup>80</sup> og Pelagic Power AS. Nedenfor følger en illustrasjon og kort introduksjon av aktørene som har

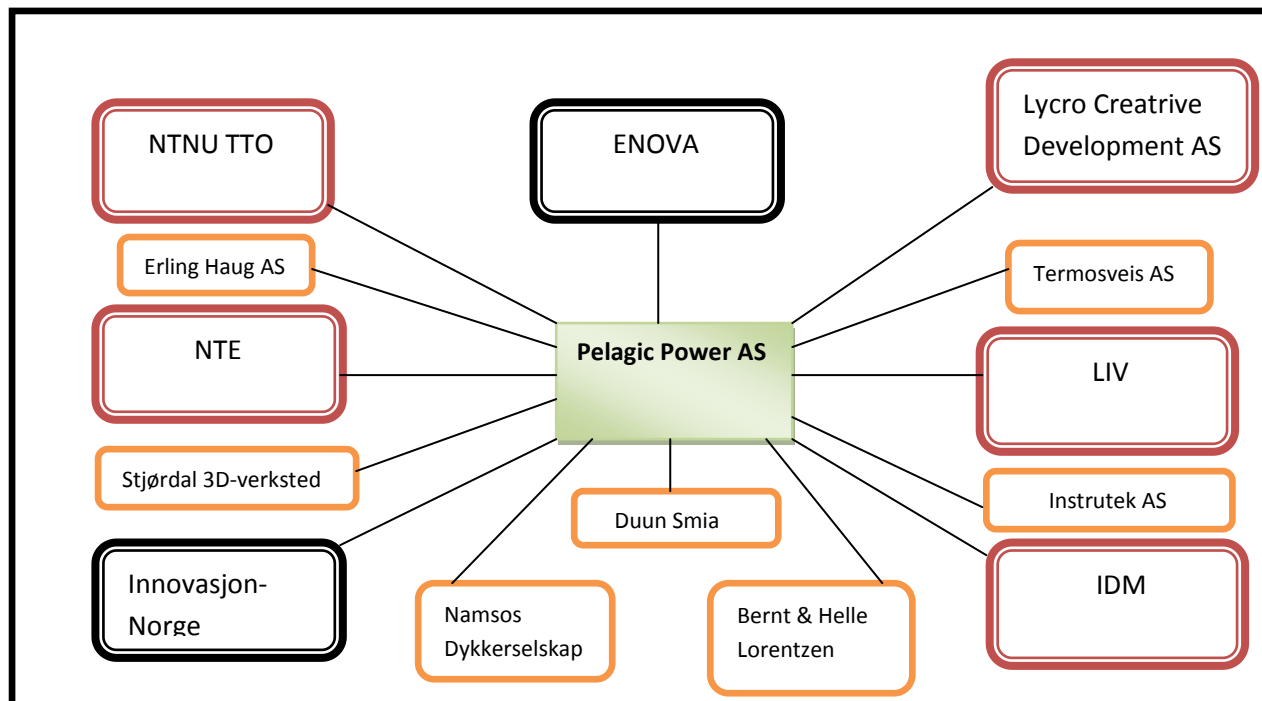
---

<sup>78</sup> "Feed-in"-tariff er en form for produksjonsstøtte, der myndighetene gir et fastsatt tilskudd på visse former for energiproduksjon.

<sup>79</sup> Norsk firma etablert i 2004. Basert i Tananger, utenfor Stavanger og utvikler on-shore bølgekraftteknologi som er designet for å bygges inn i bølgebrytere (<http://waveenergy.no/>)

<sup>80</sup> Fobox er et selskap som eies av Fred. Olsen Renewables. Fobox utvikler et off-shore konsept basert på en flytende plattform. Videre er det et punktabsorbator design som har et antall pongtonger som fanger opp vertikale bevegelser i bølgene (<http://www.prosessindustrien.no/default.asp?menu=6&id=4524>)

vært involvert i innovasjonsprosessen i Pelagic Power, definert som et TIS. Dette TIS er altså et resultat av den andre runden med systembygging rundt et bølgekraftkonsept utviklet av Pelagic Power.



Figur 6. Oversikt over alle aktørene som er en del av TIS. Aktører som kun har bidratt med kapital er markert med svart. Underleverandører som hovedsakelig er involvert i produksjon og samstilling av komponenter er markert med mindre oransje bokser. Hovedaktører og eiere er markert med større, røde bokser.

Nedenfor følger en mer utdypende presentasjon av aktørene og hvordan de har bidratt i innovasjonsprosessen.

### 6.2.1 Leksvik Industriell Vekst (LIV)

LIV er en næringshage som ligger i Leksvik og har som mål å legge til rette for næringsutvikling, med spesiell satsing innen offshore, vann og energi. Tilretteleggingen skjer gjennom samlokalisering av virksomheter som driver innen kunnskapsintensive næringer som bygger på industritradisjon. Næringshagen ble etablert som et samarbeid mellom industrimiljøet i Leksvik, Innovasjon Midt-Norge, Nord-Trøndelag Fylkeskommune og andre kommuner i regionen. Det er et datterselskap av LIV Holding AS.<sup>81</sup> Termosveis AS, IDM AS, LCD AS og Pelagic Power AS holder alle til i denne næringshagen. LIV eier 6,9% av Pelagic

<sup>81</sup> LIV Holding AS har ytterligere et datterselskap, LIV Eiendom AS.



Power og har fungert som tilrettelegger ved at mange av aktørene har blitt involvert i kraft av at de befinner seg under samme tak i LIV.

### **6.2.2 Lycro Creative Development AS (LCD)**

LCD AS er et selskap ønsker å investere i bransjer og nye næringer hvor muligheten til å utvikle innovasjon er gode. Det ble etablert 01.01.2007, Dagfinn Røyset er daglig leder. LCD AS er søsterselskapet til Lycro AS, og majoritetseier er JEBO Industrier AS som også eier Lycro AS. Prosjekter som Lycro AS tidligere hadde interesser i, er overført til LCD AS, dette gjelder bl.a. Pelagic Power AS og interessene i næringshagen LIV. Det er Dagfinn Røyset som er opphavsman til teknologien Pelagic Power utvikler, slik at LCD har vært involvert i alle aspekter ved innovasjonsprosessen. LCD eier 30.8% av virksomheten og Dagfinn sitter som styreformann i Pelagic Power.

### **6.2.3 Innovative Development and Marketing (IDM)**

IDM ble etablert i 2000 og er totalleverandør innen design, produktutvikling, produksjon og kommersialisering. Tjenestene er basert på styring av prosjekter med fokus på innovativt design og produktutvikling. IDM har bidratt under hele innovasjonsprosessen med konseptutvikling, produktdesign, evalueringer underveis, 3D-modellering og produksjonsledelse- og styring. Daglig leder er Reza Hezari, som også sitter i styret i Pelagic Power. IDM eier 9% av aksjene i Pelagic Power.

### **6.2.4 Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE)**

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk Holding AS er et av landets største e-verk. Det har en lang historie som strekker seg tilbake til etableringen i 1919. De har bedrevet installasjon og handelsvirksomhet siden 1924. Kjernevirksomheten er energiproduksjon og omsetning av energi. NTE Energi AS, som er hovedaksjonær i Pelagic Power AS, er en av fire avdelinger underlagt NTE Holding AS<sup>82</sup>. NTE konsernet ønsker å være en lokal medspiller og ser det som en viktig oppgave å være en aktiv samfunnsaktør. Det er derfor ikke uvanlig at de støtter lovende prosjekter som har sitt utspring i nærmiljøet, slik som Pelagic Power. NTE eier 33,8% av aksjene i Pelagic Power og er representert i styret ved Nils Arne Nes.

---

<sup>82</sup> De andre tre er: NTE Elektro AS, NTE Marked AS og NTE Nett AS.

### 6.2.5 Pelagic Power AS

Selskapet Pelagic Power ble etablert 31.12.05, og er gravitasjonspunktet i TIS`et som er enhet for analyse i denne oppgaven. Pelagic Power ønsker å utvikle et bølgekraftkonsept som har konkurransedyktig totallønnsomhet for utbygger. I fremtiden ønsker de å være leverandør av nøkkelferdige bølgekraftanlegg og serviceavtaler til utbyggere innen energi. Det innebærer at de skal utvikle, prosjektere og installere ferdige anlegg for sine kunder. Kundene forventes hovedsakelig å befinne seg i Storbritannia og Portugal,<sup>83</sup> slik at Pelagic Power tar sikte på å bli en internasjonal aktør innen bølgekraft. Eiere ved etablering var NTE (33,8%), Lycro AS (30,8%), NTNU TTO (19,5%), IDM (9%), og LIV (6,9%). Bedriften har kontorer i næringsshagen LIV.

### 6.2.6 NTNU Technology Transfer Office

NTNU TTO er kommersialiseringsenheten ved NTNU.<sup>84</sup> TTO er en pådriver og sentral støttespiller for NTNUs ledelse og fagmiljøer i arbeidet med teknologioverføring og kommersialisering av forskningsresultater. Det er NTNU, gjennom NTNU TTO, som har gjennomført det meste av FoU virksomheten, og har dermed gitt tilgang på viktig og relevant kompetanse fra forskningsmiljøene ved institusjonen. NTNU TTO eier 19,5% av aksjene i PP og er representert i styret ved Jan Biti.

---

<sup>83</sup> Mye på grunn av at det er her store deler av det europeiske bølgeenergipotensialet befinner seg (35% bare i Storbritannia), i tillegg til at det er disse landene som for øyeblikket har de beste rammebetingelsene for bølgekraft. I Storbritannia er påslaget for bølgekraft (feed-in-tariff) på rundt 1 kr./KWh. I Portugal har de et påslag på hele 1,8 kr./KWh. Til sammenligning har Norge et påslag på 10 øre/KWh for umodne teknologier, deriblant bølgekraft (St. meld. nr. 11, 2006-2007).

<sup>84</sup>

Bakgrunnen for etableringen av NTNU Technology Transfer as (TTO) i 2003 var endringer i Universitetsloven som tydeliggjorde universitetets generelle ansvar for formidling og "anvendelse av vitenskapelige metoder og resultater" i samfunnet. Samtidig ble Arbeidstageroppfinnelsesloven endret og lærerunntaket opphevet. Eierrettighetene til patenterbare oppfinnelser ble overført fra forsker til institusjon. Forskerne fikk plikt til å melde inn potensielle oppfinnelser og institusjonen fikk ansvar for å forvalte oppfinnelsene til beste for samfunnet. Retten til publisering ble fastholdt, så lenge forskeren overholdt meldeplikten.

### **6.2.7 ENOVA**

ENOVA er et norsk statsforetak etablert i 2001 for å fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. ENOVA eies av OED og har som mål at det skal bli lettere å velge enkle, energieffektive og miljøriktige løsninger for alle som ønsker det. Både private og offentlige aktører er viktige målgrupper, på så vel privat som yrkesmessig arena. ENOVAs virksomhet finansieres gjennom påslag på nettariffen og over Statsbudsjettet.<sup>85</sup> Til sammen har ENOVA bidratt med rundt 3,2 millioner kroner i kapital til Pelagic Power.

### **6.2.8 Innovasjon Norge**

Innovasjon Norge ble etablert 1. januar 2004, etter en sammenslåing av de tidligere organisasjonene Statens nærings- og distriktsutviklingsfond, Norges Eksportråd, Norges Turistråd og Statens veiledningskontor for oppfinnere. Selskapet har som formål å bidra til og utvikle distriktene, øke innovasjonen i norsk næringsliv, samt profilering av norsk næringsliv i utlandet. De tilbyr langsiktig finansiering i form av lån, tilskudd og garantier til prioriterte målgrupper.<sup>86</sup> Som for eksempel bedrifter som PP. Innovasjon Norge bidro med rundt 1 million kroner i bedriftutviklingstilskudd i den tidlige utviklingsfasen, før selskapet ble etablert. De har også vært involvert i profilering av selskapet ved at PP to ganger har fått delta på en stand i regi av Innovasjon Norge på ALL ENERGY i Aberdeen.

### **6.2.9 Erling Haug AS**

Leverer til vanlig forankringsanlegg til oppdrettsnæringen, og var ansvarlig for forankringssystemet på bølgekraftverket.

### **6.2.10 TermoSveis AS**

En bedrift som leverer til vanlig ulike produkter i plastmateriale. De hadde ansvaret for produksjon av vannankere samt sammensveising av rør. Holder til i næringshagen LIV.

### **6.2.11 Namsos dykkerselskap**

Hadde ansvar for utplassering av anlegg og ilandføring av rør.

---

<sup>85</sup> Ved etableringen av *Grunnfond for fornybar energi og energieffektivisering* i 2008 fikk Enova en betydelig økning i tilgjengelige ressurser for sin virksomhet. I 2008 var grunnfondet på 10 milliarder kr., og det ble foretatt ytterligere innskudd i dette fondet i 2009, slik at det i dag er på 20 milliarder kr. Avkastningen fra dette fondet anslås å bli i størrelsesorden 880 millioner kr. fra 2010 (St. meld. nr. 11, 2006-2007).

<sup>86</sup> Små og mellomstore bedrifter med vekstambisjoner og vekstpotensiale, etablerere og grundere, kvinner og unge.

#### **6.2.12 Instrutek AS**

Leverte sensorene som skulle monteres om bord i anlegget for overvåking og innsamling av data.

#### **6.2.13 Stjørdal 3D-verksted**

Leverer til daglig turbiner til småkraftanlegg og var ansvarlig for turbindelen i bølgekraftverket.

#### **6.2.14 Bernt&Helle Lorentzen**

Engasjert av Stjørdal 3D-verksted for å lage programvare for overføring av data fra anlegget via GSM nettet.

### **6.3 Funksjonsanalyse av innovasjonsprosessen til Pelagic Power**

Nedenfor vil jeg komme med en detaljert gjengivelse av innovasjonsprosessen PP så langt, som en *historisk funksjonsanalyse*. Dette med sikte på å gi et innblikk i systembyggingen som har foregått rundt teknologien som PP utvikler. Jeg vil fortløpende analysere relevante hendelser i kronologisk rekkefølge opp mot funksjoner i et TIS, og identifisere positive og negative sykluser.

Fordelen med en funksjonsanalyse basert på TIS er at det gjør det mulig å skille struktur fra ytelse, slik at fokuset kan rettes mot hva som blir oppnådd av det teknologiske innovasjonssystemet med utgangspunkt i et sett av antatte nøkkelprosesser. Prosesser som har en direkte innvirkning på ytelsen til systemet (Jacobsson 08: 1495-1496). Dette analytiske rammeverket anerkjenner altså en rekke momenter knyttet til usikkerhet, samtidig som det gir systembyggende aktivitet en sentral rolle.

#### **6.3.1 Begynnelsen**

Det er entreprenøren Dagfinn Røyset som er initiativtakeren til prosjektet som senere ble formalisert som Pelagic Power AS, med sin ide til et bølgekraftverk. Han gjennomfører en innledende undersøkelse av konseptet på forsommeren i 2005, og blir overbevist om at konseptet kan videreutvikles (+F2). Omtrent samtidig publiserer Det Norske Veritas sin

rapport om industristandarder<sup>87</sup> for bølgekraft, noe som er med på å konkretisere hva som forventes av denne type teknologi (+F4). Denne tidlige testingen finansieres ved hjelp av bedriftsutviklingsstøtte fra Innovasjon Norge på rundt 1 mill. kr. (+F6). Dagfinn søker deretter patent<sup>88</sup> på oppfinnelsen den 25. mai 2005 som blir innvilget 11. desember 2006. Dette styrker kunnskapsbasen i det fremvoksende TIS og er en bekreftelse på at konseptet ikke bare er originalt, men at det også har et potensial (+F2). Et innvilget patent er essensielt hvis en bedrift skal satse på et internasjonalt marked, noe Pelagic Power har ambisjoner om. Dagfinn fortsetter imidlertid arbeidet før patentsøknaden innvilges. På dette tidspunktet er Dagfinn Røyset administrerende direktør i Lycro AS, en bedrift som utvikler og produserer plastdetaljer situert i Vanvikan i Leksvik Kommune. God kompetanse på plastproduksjon er en styrke når mye av materialet som skal benyttes i det fremtidige bølgekraftverket er laget av plast.

### 6.3.2 Det teknologiske innovasjonssystemet tar form

*"Alle partene var involvert nesten helt fra starten"*

Anders Tørud, prosjektleder

Dagfinn Røyset allierer seg med Reza Hezari<sup>89</sup> i løpet av sommeren 2005 (+F3). Hezari er daglig leder i IDM og han og Røyset er en del av det samme miljøet innen mekanisk industri i Leksvik. Å få IDM og Reza om bord ga prosjektet tilgang på viktig kunnskap og lang erfaring innen produktutvikling, innovasjon og design (+F2). For å gå videre med prosjektet, er det viktig for Dagfinn å få til et samarbeid med ingeniører som kan gjøre beregninger og grafiske modelleringer. Røyset og Hezari får etter hvert etablert kontakt med Thorbjørn Nielsen fra

---

<sup>87</sup> "Guidelines on Design and Operation of Wave Energy Converters- a guide to assessment and application of standards and recommended practices for wave energy devices" (2005). Utarbeidet av Det Norske Veritas for CarbonTrust.

<sup>88</sup> Et patent beskytter en konkret løsning på et teknisk problem mot å produksjon, import, og salg av andre, vanligvis i et tidsrom på 20 år. Kriterier for å få innvilget patent er at oppfinnelsen må være ny, og den må skille seg vesentlig fra tidligere kjent teknikk på området (<http://no.wikipedia.org/wiki/Patent>)

<sup>89</sup> Reza har vært involvert i mange vellykkede prosjekter innen mekanisk industri i Leksvik, og har blant annet vært med på å bygge opp næringsshagen LIV, som huser Pelagic Power og mange av underleverandørene som senere blir involvert i prosjektet.

Institutt for Energi og Prosessteknikk<sup>90</sup> gjennom NTNUs kommersialiseringsenhet TTO. Sammen med Øivind Arntsen fra Institutt for Bygg og Anlegg<sup>91</sup> etablerer de et prosjektteam(+F3), som gjennomfører noen tester av småskalamodeller inne ved kai i løpet av sensommeren 2005 (+F1,+F2). Dette miniprojektet føyer seg inn i rekken av aktivitet som er med på og gradvis bygge opp kunnskapsbasen i det voksende TIS.

I august 2005 blir Anders Tørud, i kraft at han var ansatt i NTNU TTO, innleid som prosjektleder (+F3). Anders Tørud skulle organisere arbeidet og sørge for at fremdriften i prosjektet ble opprettholdt. Gjennom disse tidlige testene viste det seg at teknologien var lovende og hadde potensial, og med det fulgte positive forventninger til teknologien og mulighetene for å videreutvikle den (+F4).

Testene som blir gjennomført på forsommeren er med på å senke usikkerheten rundt teknologien, og dette har en positiv effekt på de andre funksjonene. Prosessen begynner nå å dra nytte av positiv interaksjon mellom funksjonene. Vi har sett att resultater fra tidlige tester (+F2) ga høye forventninger (+F4) og tilgang på startkapital (+F6) som ga ytterligere kunnskap (+F2) som igjen sørget for at flere aktører ble en del av TIS (+F3). Til slutt blir det startet opp et prosjekt (+F1).

På bakgrunn av resultatene fra de tidlige testene bestemmer de involverte aktørene seg for å inngå en samarbeidsavtale, med en målsetting om å stifte et selskap mot slutten av året, gitt visse forutsetninger om at utviklingen fortsetter i en positiv retning. Det at NTNU er involvert gjør at prosjektgruppen har tilgang på avansert utstyr og ekspertise i den neste utviklingsfasen.

I oktober 2005 blir det foretatt en test av to skalerte modeller i bølgetank på Marintek,<sup>92</sup> henholdsvis på skala 1:20 og 1:6 (+F1,+F2). Formålet er å gjennomføre funksjonstester for å bekrefte de grunnleggende virkeprinsippene i teknologien. Resultatene fra disse testene er positive, og forsterker ytterligere forventningene innad i TIS til teknologien (+F4). Alt dette er i tråd med forutsetningene for å gå til det skritt å etablere et selskap for videre satsning. NTE har vært involvert underveis og følger utviklingen nøye, og når resultatene er såpass gode

---

<sup>90</sup> Et institutt ved NTNU i Trondheim.

<sup>91</sup> Et institutt ved NTNU i Trondheim.

<sup>92</sup> Et internasjonalt forskningssenter innen marin teknologi, en del av SINTEF Gruppen. Sammen med Institutt for Marin Teknikk, NTNU, utgjør det Marinteknisk Senter i Trondheim.

som de er går de inn som hovedaksjonærer da selskapet blir stiftet i desember 2005 (+F3). NTE forsøker å holde øye med spennende lokale prosjekter og er involvert i mye verdiskapning i nærområdet; *”Vi har vel en sånn uttalt samfunnsrolle, kan du si. Ved siden det rent forretningsmessige skal vi være med på å utvikle Nord-Trøndelag”*.<sup>93</sup> LIV og NTNU TTO går også inn på eiersiden (+F3,+F3).

Med dette er grunnstammen i det teknologiske innovasjonssystemet etablert, bestående av Lycro AS, IDM, LIV, NTNU TTO og NTE, som alle har eierinteresser i bedriften. Det blir nå gjennomført nok et forsøk ved NTNU av de assosierte professorene som skal klarlegge strømningsbilde av væske i anlegget, slik at de kan få en bedre forståelse av hvor tykke rørene burde være og hvor stort trykk som var nødvendig på pumpeenhetene og turbinen (+F1, +F2).

Det begynner å bli tydelig at Pelagic Power går systematisk til verks i kunnskapsbyggingen. Alle aktørene som innlemmes i TIS tilfører nødvendig kompetanse, og de gjennomfører viktige tester av teknologien. Men den nye kunnskapen kommer kun fra interne prosjekter og egne erfaringer; det er ingen indikasjoner på at de går aktivt ut og ser om det foreligger noe relevant kunnskap i arkiver eller hos andre forskere enn de som allerede er om bord i prosjektet.

### **6.3.3 Ny målsetting: Testing av teknologien i sjø**

Etter at PP er etablert blir det satt i gang arbeid med å lage en prosjektbeskrivelse, og det er på dette tidspunktet startskuddet går for det overordnede prosjektet Dagfinn Røyset ønsker å gjennomføre; å utvikle et bølgekraftverk (+F1). PP søker nå finansiering fra ENOVA, som bevilger 3.2 millioner kroner (+F6). Eierne går også inn med kapital (+F6) i tillegg til at skattefunnmidler<sup>94</sup> blir benyttet mer eller mindre fullt ut (+F6). Alt i alt blir cirka syv millioner kroner hentet inn til denne prosjektfasen, og det faktum at kapitalen er på plass er med på å legitimere satsningen og øke forventningene innad i TIS (+F7,+F4). Her kan det dermed observeres at funksjon 6 har positiv innvirkning på funksjon 4 og 7 innad i systemet. Arbeidet med prosjektbeskrivelsen innebar blant annet å finne en egnet lokasjon til å sette ut en nedskalert modell for testing i sjø, sørge for å få de nødvendige tillatelsene, finne ut hvilke

---

<sup>93</sup> Sitat Nils Arne Nes, NTE

<sup>94</sup> En ordning lansert i 2002 hvor bedrifter kan oppnå 20% i fradrag i skatt på kostnader til FoU-aktiviteter i godkjent prosjekt. Prosjektet må ha som formål å fremskaffe ny kunnskap, informasjon eller erfaring som igjen kan føre til nye eller bedre produkter, tjenester eller produksjonsmåter.

underleverandører<sup>95</sup> det kunne bestilles komponenter fra og tegning av noen komponenter som må spesialdesignes. Arbeidet, som foregår utover våren 2006, resulterer i en mer detaljert innsikt i hva som må gjøres, og eventuelle utfordringer som TIS bør være forberedt på, både teknologisk og organisatorisk (+F2). Det kom også på plass en daglig leder i Magnar Førde<sup>96</sup> (+F3), slik at det på dette tidspunktet var to personer som var offisielt ansatt på fulltid i selskapet; Anders Tørud og Magnar Førde. Magnar Førde har med seg bred erfaring og viktig kompetanse<sup>97</sup> og sørger for at organisasjonen blir styrket.

Kystverket<sup>98</sup> godkjenner plasseringen av anlegget ved Bjørøya utenfor Laufsnes i Flatanger kommune, forutsatt at anlegget blir merket i henhold til pålegg. Flatanger kommune ga i tillegg dispensasjon til å bygge i 100-metersbeltet langs sjøen slik. PP fikk dermed midlertidig byggetillatelse for et testanlegg. Det kom også en godkjenning i fra Fylkesmannens miljøvernavdeling, blant annet fordi anlegget skulle fjernes i etterkant.

I løpet av sommeren 2006 var det kommet på plass avtaler om leveranser på diverse komponenter fra underleverandører, med en målsetting om å komme i gang med installasjonen i løpet av august. Dette førte til at TIS vokste i omfang og fikk tilgang på ny ekspertise. Disse underleverandørene blir med utgangspunkt i mitt analytiske rammeverk dermed en del av TIS fordi det er det problem løsende nettverket av aktører som definerer grensene for systemet (Carlsson et al. 02: 237).

Termosveis skulle levere pumpedelen og vannankeret, og ble i tråd med min analysemetode dermed også en del av TIS`et (+F3). Vannankeret gjennomgikk store forandringer underveis i utviklingen i forhold til utgangspunktet, noe som fører til en vesentlig mer rasjonell produksjon (+F2). Her har altså termosveis fått overlevert tegninger på designet, men på bakgrunn av ekspertise og erfaring blir det gjort viktige forandringer underveis. Denne evnen til problemløsning kan være indikasjon på et velfungerende TIS (Hekkert et al. 07: 418).

---

<sup>95</sup> Under leverandører kunne benyttes fordi en del komponenter ikke var nødvendig å designe selv og kunne bestilles som "hyllevare". Dette gjaldt spesielt de store og tunge delene, som var relativt enkle å lage.

<sup>96</sup> Kom fra Rolls Royce Marin AS

<sup>97</sup> Han er også professor på NTNU, har tidligere vært direktør for alternativ energi i ENOVA, og har erfaring fra å være frilans energikonsulent.

<sup>98</sup> Fiskeri- og kystdepartementets etat for sjøtransport, sjøsikkerhet, havner og beredskap mot akutt forurensing (<http://www.kystverket.no/?aid=9030586>)



PP ønsket å lage to typer bøyer med forskjellig geometri for å ha valgmulighet hvis den ene klarer seg bedre enn den andre i sjø. En sylinder med avrundet bunn, den andre en kjegleformet bøye. Duun Smia ble forespurt å ta på seg arbeidet med bøyene(+F3). Turbin og generator ble satt under produksjon hos Stjørdal 3D-verksted (+F3).

Forankringssystemet bestående av ankere, tau og kjetting var hyllevare og kunne leveres umiddelbart av Erling Haug AS (+F3). For å kunne følge med på om anlegget var i drift når det var tilstrekkelig med bølger, og andre målinger i forbindelse med senere analyse, er det behov for installering av nødvendig utstyr. Dette arbeidet ble gjennomført av Bernt og Helle Lorentzen (+F3). De var også ansvarlig for å lage programvare for overføring av data fra anlegget via GSM nettet. På kort tid blir altså fem underleverandører innlemmet i TIS, og alle bidrar med kompetanse og kunnskap som tidligere ikke hadde vært tilgjengelig. Dette er i tråd med PP overordnede strategi ved at det meste av bygging, montering og sammenstilling gjøres av underleverandører, med PP som prosjektleder.

#### **6.3.4 Første forsøk på utplassering**

På grunn av forsinket levering på visse komponenter og dårlig vær blir arbeidet med å montere bølgekraftanlegget satt i gang i månedsskifte september/oktober 2006 (+F1).

Namsos Dykkerselskap påtok seg jobben med utplassering, i tillegg til ilandføring av rør og fundamentering for landanlegget (+F3). Namsos Dykkerselskap tilførte TIS viktig kompetanse innen dykking og montering, i tillegg til at de hadde tilgang på, og erfaring med, avansert utstyr. Det var også et poeng at de hadde base i nærheten av lokasjonen.

Utplasseringen var ment å gjennomføres ved at komponentene sammenstilles på dekk av et egnet fartøy fra Namsos Dykkerselskap og senkes ned, i en og samme operasjon. Selv om anlegget er omtrent i skala 1:3 er det fremdeles relativt store deler som skal settes sammen. Paraplyene som fungerer som vannanker har for eksempel en diameter på tre meter. Da de får lastet alt utstyret om bord i båten og skal sette i gang med utplasseringen, viser det seg at kombinasjonen av tunge komponenter og høy sjø gjør operasjonen mer komplisert enn det man har regnet med på forhånd, og strategien må endres noe (+F2). Igjen kan vi gjenkjenne et fleksibelt TIS, og på bakgrunn av nye erfaringer tar de en rask avgjørelse om å forandre den opprinnelige planen. Det blir bestemt at selve sammenstillingen av

komponentene skal gjøres inne ved kai, slik at anlegget kan slepes komplett ut i posisjon. Dette fungerer bra og legger grunnlaget for prosedyren for utplassering i fremtiden (+F2). I denne prosessen, og også ved flere senere anledninger, var det avgjørende å ha med praktisk anlagte mennesker med gode problemløsningsegenskaper. Det var ekspertise og erfaring fra mange av de involverte som gjør det mulig for TIS å være såpass fleksibelt. I tillegg til at det er en nødvendig vilje hos prosjektlederen, som jo tross alt hadde det overordnede ansvaret, til å tillate at *"veien blir til mens man går"*.<sup>99</sup> Det var mye improvisert problemløsning av folk fra Namsos Dykkerselskap og Termosveis. Som Anders Tørud understreket: *"Så da var vi heldige at vi hadde med oss folk som var veldig praktiske. Som var mer opptatt av å finne løsninger enn å følge tegningene så nøye"*.

Rørene som skal koples mellom bølgekraftverket og turbinen (ilandføringsrør) blir montert klart på Bjørøya før nøkkelkomponentene i bølgekraftverket (sammenkoblede pumper, vannanker og bøyer) ble slept ut (+F1). I begynnelsen av desember 2006 blir nøkkelkomponentene endelig slept ut mot Bjørøya for montering (+F1). Vel framme ved lokasjonen der kraftverket skal plasseres setter de umiddelbart i gang med å kople ilandføringsrøret sammen med de to nyankomne rørstrekene. Hver av disse rørstrekene hadde tre pumper, slik at det var i alt seks pumper som skulle settes i drift. Det viser seg raskt at ilandføringsrørene er noe underdimensjonerte, men dette blir ikke vurdert som alvorlig siden de enkelt kan gjøres lengre ved å skjote inn flere rørlengder (+F2). Det første rørstrekket blir senket uten problemer i rolig sjø, men da det andre rørstrekket skal senkes har vinden tiltatt. Dette medfører at belastningen på tauet som holder de tre vannankerene ble for stor, og ryker tvers av. Siden det var meldt en ytterligere forverring av været blir det besluttet å kutte de resterende tauene på det første rørstrekket, som ble senket på tiltenkt måte, for å unngå skader på resten av anlegget (+F2). Det sammenkoblede anlegget med rør, vannanker og pumper ble dermed liggende på 60-80 meters dyp i Ellingsråsa, i påvente av bedre vær så det kunne heves igjen (-F1).

På dette tidspunktet begynner prosjektet å lide noe under at planleggingen kanskje ikke var tilstrekkelig i startfasen. Men det kan diskuteres hvor mye planlegging som er nok

---

<sup>99</sup> Sitat Anders Tørud.

planlegging. Det går jo ikke an å tenke seg til alle eventualiteter på forhånd. Man må ut i den virkelige verden og prøve, for så å ta med seg lærdommer herfra og utbedre planleggingen til neste runde. Dette var også prosjektteamet klar over på forhånd, så det var en bevisst del av strategien.

### 6.3.5 Andre forsøk på utplassering

Etter å ha observert utstyret med en ROV<sup>100</sup> blir det konstatert lettere skader på enkelte av bølgepumpene, slik at alle pumpene må heves og undersøkes før det blir aktuelt med et nytt forsøk på utplassering. Det skal vise seg at været er lite samarbeidsvillig, slik at hevingen først kan gjennomføres våren 2007. I denne tidsperioden, mellom høst 2006 og vår 2007, blir det gjort en ny gjennomgang og videreutvikling av teknologien (+F2). Magnar Førde, som var daglig leder, forlot selskapet i midten av 2007 og gikk tilbake til sin gamle jobb i Rolls Royce Marine AS (-F3). På dette tidspunktet er Anders Tørud igjen den eneste som er ansatt i PP.

Etter at anlegget er slept inn til land og skadene dokumentert, blir det bestemt at i neste omgang skal det utplasseres ett rørstrekk med tre bølgepumper(+F1). Dette forenkler utsettingen av anlegget betraktelig. Det er imidlertid bare to bølgepumper som endelig blir utplassert ved Bjørøya. Det skal vise seg at forholdene igjen blir for tøffe, og anlegget synker til bunns for andre gang. Denne gang blir det konstatert at vektfordelingen mellom vannankeret og bøyene var feil med det resultat at en kjettinglås røk. Pumpene fungerte altså ikke slik de hadde gjort i modelltanken ved Marintek i Trondheim (+F2). Dette nye tilbakeslaget hadde, isolert sett, ingen umiddelbar negativ innvirkning på TIS, og Anders Tørud uttalte til namdalsavisa.no;<sup>101</sup> *"Vi tar et skritt tilbake, men fortsetter i samme retning. Konseptet som sådan er greit og vi vil prøve teknologien videre"* (-F1). Men sett under ett vil de stadige og ublide møtene med teknologiske barrierer sørge for at usikkerheten rundt teknologien øker, noe som vil vanskeliggjøre anskaffelse av ny kapital (-F4).

På slutten av denne prosjektfasen blir det igjen gjennomført en befaring med ROV av det sunkne anlegget, og det ble konstatert at skadene var mindre enn forrige gang anlegget sank (+F1,+F2).

---

<sup>100</sup> "Remotely Operated underwater Vehicle": liten fjernstyrt undervannsbåt med påmontert kamera. Disponert av Namsos Dykkerselskap.

<sup>101</sup> <http://www.namdalsavisa.no/Nyhet/article3009098.ece>, åpnet 25/3-09

Mai 2007 deltar representanter fra PP på et bransjetreff for bølgekraft i Aberdeen, ALL ENERGY, som anses som det viktigste forumet for marin fornybar energi i Storbritannia hvor også representanter for den britiske regjeringen deltar. Siden det er dette markedet som er mest interessant for Pelagic Power kan denne deltakelsen noteres som legitimitetsbygging, i tillegg til at det er en mulighet til å dele erfaringer med andre aktører (+F7,+F2)

Senere på høsten kom så ENOVAs potensialstudie for havenergi, der ressurser og teknologi i Norge ble kartlagt. Fremtiden for havenergi ble også drøftet. Denne rapporten er med på å rette søkelyset mot bølgekraft i Norge (+F4), i tillegg til at den kan legitimere FoU på teknologien (+F7).

### **6.3.6 Tilbake til tegnebrettet**

På dette tidspunktet er det nødvendig å få inn ny kapital for å kunne fortsette i det tempo og omfang som er ønskelig. Så langt har de fått utrettet ganske mye med begrensede midler, det var på dette tidspunktet brukt syv millioner kroner, og de har avdekket en rekke problemområder som ikke ville ha kommet frem ved testing i modelltank.<sup>102</sup> Det er klart at det ville være nødvendig med en mer grundig prosjekteringsprosess i neste runde, med innleid, eller ansatt, kompetanse som har erfaring fra denne type prosjekter. Senhøsten 2007 kommer det signaler fra en tung aktør om at de er interessert, og det er lenge meningen denne aktøren skal gå inn i selskapet ved hjelp av en emisjon. Arbeidet med å få på plass et samarbeid med denne aktøren fortsatte utover i 2008, men dette lyktes ikke og forhandlingene ble avbrutt (-F6). Siden den operative aktiviteten i innovasjonssystemet nå ligger nede, kan de involverte underleverandørene som var med under arbeidet med utplassering og montering defineres ut av TIS (-F3x5). PP var i mai 2008 igjen representert på ALL ENERGY i Aberdeen, og holdt denne gang en kort presentasjon under en fellesstand for norske energiselskaper, organisert av Innovasjon Norge (+F3,+F7). De var også deltakere på den årlige ScanREF messen i Lillestrøm, som har ambisjoner om å bli Norges viktigste forum for fornybar energi (+F3,+F7).

---

<sup>102</sup> Dimensjoneringen av komponentene, empiri angående hvordan bølgekraftverket håndterer de belastningene det er konstruert for og verdifull erfaring med montering og utplassering.

### **6.3.7 Status, mai 2009**

Våren 2009 ble det igjen aktivert noen ressurser av eierne for å se på mulige forbedringer av konseptet for teknologi av generasjon 1 (+F2,+F6). Pelagic Power deltok også på ONS<sup>103</sup> på begynnelsen av året, der det var en egen avdeling for fornybar marinteknologi (+F3, +F7).

Anders Tørud fungerer fremdeles som prosjektleder, utleid fra sin nåværende arbeidsgiver, Impello Management As, og er den eneste som er ansatt hos Pelagic Power As per i dag.

Testing av fullskalaprototype er utsatt på ubestemt tid. TIS`et fortsetter videreutvikling på en skala som budsjettet tillater, og er klart til å sette i gang for full maskin så snart nye investorer er på plass. Men det faktum at prosjektet er på vent har sannsynligvis en negativ innvirkning på legitimiteten til teknologien (-F7).

Jeg vil nå sammenfatte innovasjonsprosessen PP har vært igjennom, med utgangspunkt i aktivitet på de forhåndsdefinerte funksjonene.

### **6.4. Kort sammendrag av funksjonsanalysen**

Innovasjonsprosessen beskrevet ovenfor viser et TIS med mye entreprenøriell aktivitet (F1), som resulterte i åtte oppstartede underprosjekter, i tillegg til oppstarten av det overordnede prosjektet som er utvikling og kommersialisering av bølgekraftteknologi. Aktive entreprenører er hovedindikatoren på et velfungerende TIS (Hughes 1993, M.P Hekkert & S.O. Negro 2006, M.P Hekkert et al. 2007, Jacobsson 2008). TIS har tilegnet seg mye ny kunnskap i løpet av fire år, noe som gjenspeiles i 19 noteringer på funksjon 2. Funksjon 3, som i analysen tok for seg deltakelse på messer og utviklingen av sammensetningen av TIS, hadde også mye aktivitet med 17 positive noteringer (3 av disse for deltakelse på messer, og 14 for nye medlemmer i TIS). I tillegg til 6 noteringer som tilskrives at noen gikk ut av TIS. Funksjon 4 illustrerte positive og negative forventninger i teknologien, og hadde 4 positive og 1 negativ notering. Det var lite aktivitet knyttet til markedsetablering i Norge, utover tiltak fra regjeringen i form av en stortingsmelding. Men at det ikke etableres et marked i Norge oppleves ikke som et problem for PP, noe jeg vil komme tilbake til senere. Markedet i

---

<sup>103</sup> Off-shore Northern Seas, en stor messe for olje- og gass industrien arrangert i Stavanger. Har de siste årene åpnet for mer og mer fornybar energi.

Storbritannia faller utenfor analysen, på grunn av avhandlingens omfang. TIS`et har hatt tilgang på kapital gjennom eierne og ulike støtteordninger, illustrert ved 5 positive noteringer på funksjon 6. De lykkes imidlertid ikke å få på plass en ny samarbeidspartner til neste runde av prosjektet, noe som gav en negativ notering på funksjon 6. Funksjon 7, som skal sørge for økt legitimitet, ble hovedsakelig dekket ved deltakelse på diverse messer, 3 noteringer i alt. ENOVAs potensialstudie ble også tilskrevet en legitimitetsbyggende funksjon. Den kan argumenteres for at PP vil ha problemer med å legitimere teknologien sin i fremtiden, gitt prosjektets status i dag, noe som ble uttrykt ved hjelp av 1 negativ notering på funksjon 7.

Etter denne gjennomgangen skal jeg forsøke å besvare forskningsspørsmålet:

### ***6.5 Hvordan kan Pelagic Power styrke muligheten for å lykkes med kommersialisering av teknologien?***

Det er helt avgjørende for PP å konsentrere seg om å ferdigutvikle teknologien, slik at de har et produkt å tilby på et fremvoksende marked for miljøteknologi (F2). De har allerede utrettet mye på dette området, men det er fremdeles store utfordringer som må overvinnes. Da spesielt med tanke på teknologiens overlevelsessevne og robusthet. Når det kommer til pris på teknologien har PP tatt grep, ved bruk av lite fordyrende teknikk og relativt billige materialer. Hvis de får startet med installasjon vil læringskurver sørge for å senke prisen ytterligere.

De største teknologiske utfordringene for bølgekraft er, som jeg var inne på i kapittel 3.1, første og fremst forbundet med de enorme påkjenningene slike installasjoner blir utsatt for, og hvilken innvirkning dette har på pris. PP har forsøkt å møte de teknologiske utfordringene gjennom tre oppskaleringer av teknologien, fra 1:20 til 1:6 til 1:3. Robusthet har også vært et element i den generelle produktutviklingen. Når de så skulle teste teknologien i åpen sjø støtte de på problemer. Disse problemene kunne muligens vært unngått hvis det hadde blitt satt av tid til flere mindre oppskaleringer og itterasjoner mellom testing og utvikling, i tank.

Å ta seg tid til mange små skrittvis oppskaleringer blir av Mueller&Wallace (2008) vektlagt som meget viktig. Dette kunne også en av mine informanter, Johannes Falnes, bekrefte. Det er vanskelig å beregne hvordan en prototype nærmere full størrelse vil oppføre seg, og hvilke påkjenninger den vil utsettes for i den virkelige verden. Dette er kunnskap som

hovedsakelig kan erverves ved prøving og feiling. Fremgangsmåten i prosjektet ble også karakterisert som noe rask av prosjektleder, Anders Tørud. Mueller&Wallace (2008) mente, som jeg var inne på i kapittel 3.1, at det er nødvendig med en modulær teknologi som er enkelt å installere, noe PP har inkorporert i sett konsept. I tillegg mente de at kunnskapsbasen for hvor store påkjenninger ulike deler tåler, må utbedres. Jeg mener rapporten til DNV bidrar til dette, i hvert fall når det gjelder standarddeler. Men når det kommer til den enkelte teknologien er det nødvendig med egen erfaring.

Den utstrakte aktiviteten på funksjon 2 viser at PP tar de teknologiske utfordringene på alvor. Dette gjenspeiles i designet, som er laget for å tåle ekstrembelastninger, i tillegg til at sliteutsatte deler skal ha en tilstrekkelig levetid. Det er for eksempel lagt inn sikkerhetsmekanismer i pumpeenhetene som skal sørge for at de ikke rives i stykker når belastningen blir for stor, og det er brukt mye tid på å finne riktige materialer for de ulike delene av anlegget. Men så langt i utviklingen har ikke teknologien vært så robust som forventet, noe som bør være hovedfokus i fremtiden for PP (F1). Den mest økonomiske måten å gjøre dette på vil være å ta med seg erfaringene fra utplasseringene i åpen sjø, tilbake til testtanken på Marintek. Deretter kan PP gjennomføre et nytt forsøk på utplassering av en prototype, gjerne i større skala enn 1:3, siden en modell nærmere full størrelse vil gi bedre data for hvordan fullskala anlegg vil oppføre seg.

For å overkomme de resterende teknologiske problemene er det nødvendig med frisk kapital (F6). Å utvikle bølgekraftverk er ekstremt kapitalkrevende, og behovet for kapital øker i takt med nærhet til markedet. De to havariene utløste en negativ interaksjon mellom funksjon 2 og 6, og det er vanskelig å få investorer til å gå inn med kapital til teknologi som ikke har bevist sitt potensial. Men hvordan kan PP bevise potensial uten kapital til å ferdigstille teknologien? Dette er et dilemma. Det er imidlertid ikke bare PP som opplever at det er vanskelig å få tilgang på kapital i bølgekraftmiljøet i Norge, i følge Monika Bakke fra WaveEnergy AS: *"På kapitalsiden så er det veldig vanskelig, i og med at de store aktørene sitter å venter på å få en ferdig teknologi i fanget"*. Det oppleves mest problematisk i den siste og mest kapitalkrevende delen av utviklingsfasen, der testing av fullskala prototyp er målsettingen. Det er en del aktører som starter utvikling av bølgekraft i Norge, men ingen har enda lyktes i å kommersialisere teknologien.

Etter at teknologien er ferdigutviklet bør PP konsentrere seg om å knytte til seg aktuelle kjøpere i Storbritannia eller Portugal, og derigjennom kanskje etablere seg på et nisjemarked (F5). TIS`et må også videreføre systembyggingen slik at det blir en større organisasjon for å make dra prosjektet til det neste nivået(F3). Som Anders formulerte det: *”Vi er ingen stor organisasjon i dag, så vi må skaffe til veie folk. Og for så vidt samarbeidspartnere”*.

I tillegg er det nødvendig at bølgekraft generelt får økt legitimitet, og dette er noe hele bølgekraftmiljøet, i Norge og ellers i verden, må begynne å samarbeide bedre om å få til, gjennom etablering av interessegrupper og lobbyisme (F7). Mangelen på støttespillere var også et problem under for de som var involvert i den første runden med systembygging rundt bølgekraft,<sup>104</sup> skal vi tro Johannes Falnes: *”Lobbyisme er det for lite av, og det må gå å bli flinkere til det. Når vi holdt på i 70-årene visste vi ikke at det sannsynligvis var noen som motarbeidet oss, og som hadde interesse av at vi ikke lyktes”*.

Systembyggingen bærer som sagt preg av positiv interaksjon mellom funksjonene frem til anlegget synker for første gang. Deretter kan det ses antydninger til negativ interaksjon mellom funksjonene som bremser innovasjonsprosessen, en utvikling som ender med at PP mislykkes med å hente inn kapital. Denne vekslingen mellom positive sykluser og negative sykluser er imidlertid ganske vanlig, slik at det er fullt mulig å snu den negative trenden (Hekkert&Negro 08: 5).

## 6.6 Konklusjon

Det analytiske rammeverket ligger til grunn for analysen ovenfor vektlegger at alle systemfunksjoner bør oppfylles, da dette øker den overordnede funksjonaliteten av TIS, og derigjennom øker sjansene for å lykkes med innovasjon (S.O Negro et al. 06: 4). Hvis alle funksjonene i et TIS fungerer godt vil det forenkle møtet med teknologiske, og ikke-teknologiske barrierer.

For å summere opp så er PP en del av et TIS med mye aktivitet når det kommer til selve teknologiutviklingen (F1,F2). Entreprenøriell aktivitet og kunnskapsutvikling er viktige funksjoner i et TIS, men det er ikke tilstrekkelig med aktivitet kun på disse funksjonene (Hekkert&Negro 08: 3). På grunn av TIS`ets begrensede størrelse og minimale organisasjon

---

<sup>104</sup> Ref. kapittel 6.1



(F3), virker det som om teknologiutviklingen går på bekostning av andre viktige funksjoner. Med begrensede ressurser må det foretas prioriteringer, og sånn sett mener jeg de har prioritert riktig. Teknologien må jo bevises før den skal ha noen mulighet på markedet. Men mangelen på kapital (F6) er prekær for PP slik situasjonen er i dag, og den må løses før prosjektet kommer videre. Når prosjektet startes opp igjen bør det være med tilstrekkelig kapital til å støtte et TIS som kan drive med aktivitet på flere funksjoner samtidig. Det bør legges nok penger på bordet til at teknologiutviklingen kan ferdigstilles (F1,F2), slik at ordentlige tester av teknologien kan begynne. Dette vil gi mer sikre tall når det kommer til ytelse og lønnsomhet, noe som igjen vil gjøre det lettere å selge teknologien. Det er verken tid eller penger for flere store tilbakeslag. Parallelt med aktivitet på funksjon 1 og 2, må det rettes fokus mot markedsetablering (F5), kontinuerlig arbeid mot nye investorer, for at prosjektet ikke skal stoppe opp igjen (F6) og lobbyvirksomhet for bølgekraft (F7). At det kreves mer tid til planlegging og gjennomførelse ved neste korsvei er også PP klar over. Innovasjonsprosessen PP har vært igjennom så langt har gått i et halsbrekkende tempo. Og som Anders Tørud formulerte det: *"Vi startet med å kunne lite om en del av de tingene som er viktig. Så det har vært en bratt læringskurve. Strategien vi valgte var å gå ganske raskt til utprøving av ganske store komponenter. Dette setter krav til gjennomføringen"*

Det er notorisk vanskelig å bedømme på forhånd hvilke design som skal kapre markedet, og har til nå bare vært mulig å gjøre i retrospekt (Utterback 94: 86). Det er ingen grunn til å tro at det vil være annerledes med teknologi for bølgekraft. Dette kan være et insentiv for investorer å komme PP til unnsetning.

Jeg skal nå ta for meg hvordan eksterne faktorer eventuelt har virket inn på denne prosessen. Denne redegjørelsen retter seg inn mot forskningsspørsmålet:

## **6.6 Hvordan har det faktum at bølgekraft er en umoden industri innvirket på innovasjonsprosessen?**

### **6.6.1 Et TIS i en industri i "fluid phase"**

Når man ser på det fremvoksende internasjonale markedet for bølgekraftteknologi som PP ønsker å etablere seg i er det tydelig at det på det nåværende tidspunkt befinner seg i en

”fluid phase”, i Utterbacks terminologi. Det er mange aktører som fronter sin versjon av bølgekraftverk, og det er enda helt åpent hvilken, eller hvilke av disse som vil bli ”dominant design” og vinne markedets gunst. Videre er det inkrementell produktinnovasjon som er i fokus hos de respektive aktørene. Det synes videre å være rom for et noe større antall dominant design enn hva som har blitt observert med andre teknologier. Det kan være behov for teknologi som produserer kraft fra bølger på land(integrert i bølgebrytere), nære kysten (som kan gi elektrisitet til lokalsamfunn uten mulighet til å kople kraftverket til det nasjonale nettet), og off-shore (hvor det kan bygges parker med stor kapasitet som forsyner det nasjonale nettet med fornybar energi eller off-shore plattformer). PP kan være, hvis dette skulle vise seg å stemme, konkurransedyktige i flere segmenter av markedet. Usikkerheten rundt det fremtidige markedet er en konsekvens av at industrien befinner seg i ”fluid phase”, og vanskeliggjør videre satsing for PP. De har satset på modulær oppbygning av teknologien som kan tilpasses det behovet som kunden har. Det som er spesielt med markedet for bølgekraftteknologi er at det har befunnet seg i denne ”fluid phase” i nærmere 30 år.<sup>105</sup> Det faktum at støtte til bølgekraft har vært sporadisk og skiftende, i kombinasjon med de store teknologiske utfordringene utviklere står overfor, har resultert i en usedvanlig lang utviklingstid og mange tilbakeslag for bølgekraftteknologi.

Det er videre for lite systematisk og kumulativ oppbygning av en felles kunnskapsbase for bølgekraft. En større og mer tilgjengelig kunnskapsbase om grunnleggende viten om bølgekraftteknologi vil gagne alle aktører, ved at det vil gjøre det mulig for industrien å bevege seg raskere fra ”fluid phase” gjennom ”transitional phase” og til ”specific phase”, hvor et ”dominant design” vil komme. Fremveksten av et ”dominant design” vil gjøre at de fleste aktører vil falle fra, og noen vil kunne legge beslag på markedet. Men et ”dominant design” som beviselig fungerer øker legitimiteten til bølgekraft, og vil tiltrekke seg investorer og et marked vil etableres.

Monika Bakke formulerte det slik:

*”Veldig mye er patentert og hemmelig. Men i Norge er vi litt flinkere til å snakke med hverandre. Ikke når det gjelder teknologi, men mer når det gjelder å dele erfaringer. I forskningsverden er situasjonen mer håpløs. Et eksempel er når ENOVA kalte inn interessenter til å diskutere og lage et marint testsenter. Det har jo vært et initiativ på Karmøy, og det er noe som skjer flere plasser. Men det blir*

---

<sup>105</sup> Mer om dette i analysekapittelet

*en stor krangel i forskningsnorge hvor dette skal være og hvem som skal ha hovedansvaret. Det er et problem at alle sitter på sin tue, og alle vil være best”.*

Monika Bakke, WaveEnergy AS

Forskningen innen bølgekraft har frem til nå hovedsakelig rettet seg mot prinsipper for energiomforming, på bekostning av forskning på byggemetoder og forankringsmetoder for teknologien. Dette har vært et problem for PP i perioden 2004 til 2009, og det var et problem Kværner Bruk og Norwave AS på midten av 80-tallet. Det har dermed vært manglende kompetanse på viktige nøkkelområder. Videre har det ikke vært noen særlig koordinering aktørene i mellom når det kommer til å identifisere kritiske problemer som krever ekstra oppmerksomhet, og utarbeide standarder. Aktørene holder generelt sett kortene tett til brystet og kvier seg for å dele informasjon med andre. Den kumulative oppbygningen av generell kunnskap om bølgekraft har hverken vært systematisk eller åpen nok.

### **6.6.2 De ikke-teknologiske barrierene**

Når det kommer til *administrative og regulatoriske barrierer* for bølgekraft varierer de avhengig av hvilket land en snakker om. Når det kommer til rammebetingelser er Storbritannia og Portugal mest attraktivt, dette bekreftes av at det er her utviklingen går raskest og det er der mange aktører ønsker å etablere seg, inkludert PP. I disse landene er finnes relativt sterke insentiver til å investere i bølgekraft. Om de norske rammebetingelsene sa Nils Arne Nes:<sup>106</sup> *”Det er ikke kommet på plass noen kraftfulle rammebetingelser i det hele tatt i Norge. I motsetning til hva det har gjort i mange andre land”.*

*Økonomiske og finansielle barrierer* er også ikke-teknologiske barrierer som hindrer kommersialisering av bølgekraft, i følge Lopez og kolleger (2008). Det finnes liten informasjon om profittmuligheter og usikkerhet om risiko knyttet til investeringer innenfor bølgekraft. Mye på grunn av at det ikke finnes sikre tall på hvor mye elektrisitet bølgekraftverk kan produsere, og til hvilken pris. Dette gjør det mindre attraktivt for private investorer å gå inn i prosjekter. Disse barrierene vil være mindre fremtredende når industrien kan vise til et ”dominant design”, som har en forutsigbar pris og ytelse.

---

<sup>106</sup> Jobber i NTE, men sitter i styret i PP.

*Sosiale og miljømessige barrierer* kan være hensyn til dyreliv, visuell signatur, sosial aksept og områdereguleringer (Lopez et al 08: 999-1000). Foreløpig har ikke disse barrierene vært fremtredende for bølgekraft, men dette kan ha sammenheng med at det ikke er utstrakt bruk av teknologien enda.

### **6.6.3 Om mangelen på beskyttede nisjemarkeder**

Konsekvensene politikk har på teknologisk forandring og innovasjon avhenger av både investeringer i FoU aktiviteter og etablering av et stabilt marked hvor teknologien kan spres og forbedres.<sup>107</sup> Når det kommer til diffusjon er "demand pull" særlig viktig, ganske enkelt fordi det er nødt til å være en etterspørsel på en teknologi for at det skal være økonomisk lønnsomt å produsere den. Denne prosessen krever imidlertid langsiktig og stabil politikk for bølgekraftteknologi. PP er en aktør i en sektor som ikke har hatt langsiktig støtte fra regjeringen. Og som mange av mine informanter har påpekt er den så godt som ikkeeksisterende i dag. I dag er det få marked som er åpne for bølgekraft, og det er stor trengsel blant alle teknologiene som tilbys. Det er med andre ord "technology push", uten "demand pull". Dette er et stort problem. Et problem som ikke vil løses før industrien modnes tilstrekkelig og finner sitt "dominant design". Da vil læringseffekten senke prisen på teknologien, noe som gjør at forholdet mellom kostnad og ytelse stadig forbedres, og energien kan selges billigere og dermed øke konkurransedyktigheten overfor etablert teknologi. Da vil det være lettere å bryte ut av "carbon lock-in".

### **6.6.4 Konklusjon**

At bølgekraft er en umoden industri har hatt konsekvenser for teknologiutviklingen i PP. Det er mange aktører som kjemper om plass i et marked som enda ikke er etablert. Denne jungelen av teknologier gjør det vanskelig for investorer å vite hvilke de skal gå inn i. Usikkerheten blant investorene har gjort utslag for PP ved at de har problemer med å få inn kapital til å ferdigutvikle sin teknologi. PP har et godt konsept, men har så langt ikke lyktes i å bevise at teknologien er robust eller lønnsom. Disse to elementene er avgjørende for at bølgekraft generelt skal oppleve markedsintroduksjon.

---

<sup>107</sup> Jf. diffusjon

En annen konsekvens av at PP befinner seg i en umoden industri er at de under arbeidet med utplassering av anlegget måtte gjøre så godt de kunne med utstyr som egentlig var ment for andre formål. Det viste seg at båten de hadde til disposisjon ikke var ideell til å håndtere store og tunge komponenter til et bølgekraftverk, men det gikk allikevel bra under de forutsetningene de hadde mye takket være stor evne til improvisasjon og fortløpende problemløsning hos de involverte. Som Utterback sier: *"During the formative period of a new product technology, the processes used to produce it are usually crude, inefficient, and based on a mixture of skilled labour and general purpose machinery and tools."* (Utterback 94: 82).

## 7. Avslutning

Motivasjonen for denne avhandlingen har vært verdens avhengighet av fossile brensel, og hvilke konsekvenser dette kan ha for fremtiden. Denne avhengigheten blir definert som "carbon lock-in". Det er mange som mener det er avgjørende at innovasjonshastigheten for miljøteknologi øker. Verden har forpliktet seg til å legge om energisystemene, gjennom Kyoto-avtalen, slik at 20% av all energibruk skal komme fra fornybare energikilder i 2020. For å nå dette målet må introduksjonen av ny miljøvennlig teknologi gå raskere. Jeg har i denne avhandlingen sett på kommersialiseringen av en bestemt bølgekraftteknologi.

Jeg har foretatt to analyser. En historisk funksjonsanalyse for å bedømme funksjonaliteten i et TIS. Dette for å si noe om hvor godt systemet er, med tanke på evne til å kommersialisere teknologi for bølgekraft. Mitt analytiske rammeverk har gjort det mulig å gi et dynamisk og detaljert bilde av innovasjonsprosessen. Videre har det vært et mikroperspektiv med fokus på entrepenøren. Denne analysen avdekket et TIS med mye aktivitet på funksjoner som omhandler FoU (F1,F2), men mindre aktivitet på funksjoner som er ment å sikre at teknologien har kjøpere når den er ferdigutviklet (F4,F5,F7). Teorien som benyttes i analysen vektlegger at alle syv funksjonene bør dekkes, hvis man ønsker å lykkes med kommersialisering av ny teknologi.

Den andre analysen er ment å belyse bølgekraftindustrien med utgangspunkt i konseptualiseringen om industrifaser. Denne analysen avdekket at bølgekraft er en umoden industri, som mangler et "dominant design". På teknologiutviklingssiden er tilbudet stort, uten at det i skrivende stund finnes noen særlig etterspørsel av teknologien. Det er i tillegg

få tilgjengelige nisjemarkeder, noe som hindrer bølgekraft å dra nytte av læringseffektene som følger av utbygging. Dette gjør at konkurransen med etablerte energisystemer blir vanskeligere.

Svaret på hvorfor bølgekraft, etter nesten 30 år i utvikling, fremdeles ikke er en moden industri med et "dominat design" er sammensatt. Mye av forklaringen er den rent teknologiske utfordringen som er forbundet med å lage installasjoner som skal overleve mange år i kontakt med en av naturens mektigste manifestasjoner, nemlig bølger.

Det er også utvilsomt mange ikke-teknologiske barrierer som effektivt hindrer at industrien "tar av". Rammebetingelsene for bølgekraft er svake i de fleste land, og den politiske støtten er i beste fall varierende. Jeg mener at når de regulatoriske barrierene blir mindre, vil det være et insentiv for å investere i bølgekraft, og de økonomiske og finansielle barrierene vil dermed også forsvinne. Det er umulig å vite på forhånd hvilke av de mange bølgekraftteknologiene som vil lykkes, noe som bør motivere PP til å fortsette utvikling av sin teknologi.

Bølgekraftindustrien virker lite samkjørt, og det er for mange som trekker i ulike retninger. Det er behov for utstrakt lobbyvirksomhet for å få satt bølgekraft på agendaen sammen med de andre nye miljøteknologiene. De kan alle bidra til verdiskapning, samtidig som de er en del av en grønnere fremtid.

## Litteraturliste

A.H van de Ven, D.E Polley, R. Garud, S. Venkatamaran (1999) "*The Innovation Journey*"  
Oxford University Press, New York/Oxford

Annandale, David, Dora Marinova, John Phillimore (2006) "*Understanding Environmental Technology Management as a Move to Sustainability*" Kap. 1 i: "*The International Handbook of Environmental Technology Management*": Edward Elgar Publishing Limited, UK.

Asheim, Bjørn T., Meric S. Gertler (2005) "*The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems*" Kap. 11 i: Fagerberg, Jan, David C.Mowery, Richard R.Nelson "*Oxford Handbook of Innovation*" : Oxford University Press

Carlsson, Bo (1997) "*Technological Systems and Industrial Dynamics*". Kluwer Academic Publishers

Carlsson, Bo, Staffan Jacobsson, Magnus Holmen, Annika Rickne (2002) "*Innovation Systems: analytical and Methodological Issues*". Research Policy, 31, 233-245

Carlsson, Bo, R.Stankiewicz (1991)"*On the Nature, Function an Composition of Technological Systems*" i: Journal of Evolutionary Economics ,1, 93-118

Christiansen, Atle Christer (2002) "*New Renewable Energy Developments and the Climate Change Issue: a Case Study of Norwegian Politics*" Energy Policy 30, 3, 235-243

Clement, Alain, Pat McMullen, Antonio Falcao, Antonio Fiorentino, Fred Gardner, Karin Hammarlund, George Lemonis, Tony Lewis, Kim Nielsen, Simona Petroncini, M.Teresa Pontes, Phillippe Schild, Bengt-Olov Sjøstrøm, Hans Christian Sørensen, Tom Thorpe (2002) "*Wave Energy in Europe: Current Status and Perspectives*" Renewable and Sustainable Energy Reviews (6), 405-431

Cohen, Wesley M, Daniel A. Levinthal (1990): "*Absorptive Capacity: a new Perspective on Learning and Innovation*". Administrative science Quarterly: March 1990 © Cornell University

Dosi, Giovanni (1982) "*Technological Paradigms and Technological Trajectories*"; Research Policy 30 (3), 235-243

Christensen, Clayton M. (2006) "*The Innovators Dilemma*". First Collins Business Essentials edition.

Edquist, Charles (2005)"*Systems of Innovation: Perspectives and Challenges*" Kap.7 i: Fagerberg, Jan, David C.Mowery, Richard R.Nelson "*Oxford Handbook of Innovation*" : Oxford University Press

Fagerberg, Jan (2005) "*Innovation: a Guide to the Litterature*" Kap. 1 i : Fagerberg, Jan, David C.Mowery, Richard R.Nelson "*Oxford Handbook of Innovation*" : Oxford University Press

- Foxon, T.J, R. Gross, A. Chase, J. Howes, A. Arnall, D. Anderson (2005) *"UK innovation Systems For New and Renewable Energy Technologien: Drivers, Barriers and System Failures"* : Energy Policy 33, 2123-2137
- French, M.J (2006) *"On the Difficulty of Inventing an Economical Sea Wave Energy Converter: a Personal View"*: Journal of Engineering for the Maritime Environment 2006; 220(3); 149-155
- Geels, F.W. (2002) *"Technological transitions as evolutionary reconfigurationprocess: a multi-level perspective and a case study"*: Research Policy 31 (8-9) 1257-1274
- Geroski, Paul (2003) *"The Evolution of New Markets"* : Oxford University Press
- Gross, Robert, Matthew Leach, Ausilio Bauen (2003) *"Progress in Renewable Energy"*. Environment International (29), 105-122
- Grubler, Arnulf, Nebojsa Nakicenovic, David G. Victor (1998) *"Dynamics of Energy Technologies and Global Change"*. Energy Policy 27 (1999), 247-280
- Gulbrandsen, Magnus, Lars Nerdrum (2009) *"Public Sector Research and Industrial Innovation in Norway: a Historical Perspective"*. Kap. 3 i: Fagerberg, Jan, David C. Mowery, Bart Verspagen (ed.) *"Innovation, Path-Dependency and Policy"*. Oxford University Press
- Hall, Bronwyn H. (2005) *"Innovation and Diffusjon"* Kap. 17 i: Fagerberg, Jan, David C.Mowery, Richard R.Nelson *"Oxford Handbook of Innovation"* : Oxford University Press
- Hekkert, M.P, R.A.A Suurs, S.O Negro, S. Kuhlman, R.E.H.M. Smits (2007) *"Functions of Innovation Systems: A new Approach for Analyseing Technological Change"* i: Technological Forecasting & Social Change, 74, 413-432
- Hekkert, M.P, S.O Negro (2008) *"Functions of Innovation Systems as a Framework to Understand Sustainable Technological Change: Empirical Evidence for earlier Claims"*. Technological Forecasting & Social Change, 2008
- Hughes, Thomas (1993) *"The Evolution of Large Technological Systems"* i: W. Bijker, T.Hughes, T. Pinch (red.) *"The Social Construction of Technological Systems"* New Directions in the Sociology and History of Technology, MIT Press, Cambridge, MA, 1987
- Jacobsson, Staffan (2008) *"The Emergence and Troubled Growth of a "biopower" Innovation System in Sweden"* Energy Policy 36 (2008) 1491-1508
- Jacobsson, Staffan, Anna Bergek (2004) *"Transforming the Energy Sector: the Evolution of Technological Systems in Renewable Energy Technology"* i: Industrial and Corporate Change 13 (5), ICC Association; all rights reserved
- Jacobsson, Staffan, Anna Johnsson (2000) *"The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research"*; Energy Policy 28 (625-640).
- Jacobsson, Staffan, Bjørn A. Sanden & Lennart Bångens (2004) *"Transforming the Energy System: the Evolution of the German Technological System for Solar Cells"*; Technology Analysis & Strategic Management vol. 16, No.1, 3-30



Kemp, R., Johan Schot & Remco Hoogma (1998) *"Regime Shifts to Sustainability through Process of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management"*; Technology Analysis & Strategic Management, 10 (2), 175-194

Lopez, J.R, Cristina Huertas-Olivares, J.Luis Villate, David Langstom, Antonio J.A Sarmiento, Michael Panagiotopoulos, Brian Holmes, Nathalie Rousseau, Hans C. Soerensen, Frank Neumann (2008) *"Wave Energy Planning and Marketing (WAVEPLAM)"* World Renewable Energy Congress (WRECX) Editor A. Sayigh. Copyright WREC. All rights reserved.

Lundvall, B-Å (red.) (1992) *"National Systems of Innovation: towards a Theory of Innovation and Interactive Learning"*. Pinter Publishers, London.

Malerba, Franco (2005) *"Sectoral Systems: How and Why Innovation Differs Across Sectors"* Kap. 14 i: Fagerberg, Jan, David C.Mowery, Richard R.Nelson *"Oxford Handbook of Innovation"* : Oxford University Press

Miles, Ian (2005) *"Innovation in Services"* Kap. 16 i: Fagerberg, Jan, David C.Mowery, Richard R.Nelson *"Oxford Handbook of Innovation"* : Oxford University Press

Mueller, Markus, Robin Wallace (2008) *"Enabling Science and Technology for Marine Renewable Energy"*; Energy Policy 36, 4376-4382

Negro, Simona O., Roald A.A Suurs, Marko P. Hekkert (2006) *"The bumpy Road of Biomass Gasification in the Netherlands: Explaining the Rise and Fall of an Emerging Innovation System"* i: Technological Forecasting & Social Change

Nelson, R.R (1993) *"National Systems of Innovation: a Comparative Study"*. Oxford: Oxford University Press

Porter, M.E (1990) *"The Competitive Advantage of Nations"* Harvard Business Review, 68, 73-93

Ringdal, Kristen (2001) *"Enhet og mangfold"* Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS

Ross, David (1995) *"Power from the Waves"* Oxford University Press Inc., New York

St. meld. nr. 65 (1981-82) *"Om nye fornybare energikilder i Norge"*

St. meld. nr. 58 (1996-97) *"Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling"*

St. meld. nr. 29 (1997-98) *"Norges oppfølging av Kyotoprotokollen"*

St. meld. nr. 29 (1998-99) *"Om energipolitikken"*

St. meld. nr 54 (2000-01) *"Norsk klimapolitikk"*

St. meld. nr. 34 (2006-07) *"Norsk klimapolitikk"*

St. meld. nr. 11 (2006-07) *"Om støtteordningen for elektrisetsproduksjon fra fornybare energikilder(fornybar elektrisitet)"*

Thorpe, T.W (1999) *"An Overview of Wave Energy Technologies: Status Performance and Costs"*. ETSU Report number B 154, 30 november 1999, Broadway House, Westminster, London.

Unruh, Gregory C. (2000) "Understanding Carbon Lock-in" i: *Energy Policy* 28, s. 817-830

Utterback, James M. (1994) *"Mastering the Dynamics of Innovation"* Harvard Business School Press.

Yin, Robert K. (2003) *"Case Study Research"* Third Edition. Sage Publications, Inc.

### **Rapporter:**

*"Experience Curves for Energy Technology Policy"* (2000) International Energy Agency (OECD/IEA)

*"Future Marine Energy. Results of the Marine Energy Challenge: Cost Competitiveness and Growth of Wave and Tidal Stream Energy"* (2006) CarbonTrust

*"Human Development Report 2007/2008: Fighting Climate Change: Human Solidarity in a divided World"*. Copyright: United Nations Development Program, publisert av: Palgrave Macmillian

*"Naturressurser og Miljø 2008"* copyright Statistisk Sentralbyrå 2008

*"Nye Fornybare Energikilder"* (2001), finansiert og utgitt av Norges Forskningsråd i samarbeid med Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE). Produsert av: KanEnergi AS

*"Potensialstudie av Havenergi i Norge"* (2007) ENOVA

*"Stern Review on the Economics of Climate Change"* (2006) av: Lord Stern of Brendford. På oppdrag fra den britiske regjeringen

*"2007 Annual Report, International Energy Agency Implementing Agreement on Ocean Energy Systems (IEA-OES)"*, edited by A. Brita-Melo

*"2008 Annual Report, International Energy Agency Implementing Agreement on Ocean Energy Systems (IEA-OES)"*, edited by A. Brita-Melo and G.Bhuyan

### **Artikler på nettet:**

*"Bølgekraftverk havarerte igjen"* av: Jostein Aardal. Publisert 21.09.07, lastet ned 20.03.09 fra: <http://www.namdalsavisa.no/Nyhet/article3009098.ece>

*"Bølgekraftutbygging kunne vore norsk storindustri"* av: Ottar Fyllingsnes. Publisert 19.01.07, lastet ned 10.03.09 fra: <http://www.dagotid.no/nyhet.cfm?nyhetid=982>

*"Bølgen uten kraft"* av: Atle Abelsen. Publisert 22.10.07, lastet ned 23.02.09 fra: <http://www.prosessindustrien.no/default.asp?menu=6&id=4524>

Falnes, Johannes (2008) "Havbølgeenergi: status og framtidsveg" Foredrag på lunsjkollokvium 29.oktober 2008 arrangert av Senter for Fornybar Energi (SFFE) og NTNU. Hentet 1.03.09 fra: [http://www.sffe.no/colloquia/arkiv/08-10-29\\_JohannesFalnes.pdf](http://www.sffe.no/colloquia/arkiv/08-10-29_JohannesFalnes.pdf)

Falnes, Johannes, P.M Lillebekken (1997) "Bølgeenergiforskning ved NTH/NTNU" lastet ned 25.02.09 fra: [http://folk.ntnu.no/falnes/w\\_e/index.html](http://folk.ntnu.no/falnes/w_e/index.html)

"Skal hente strøm fra bølgene" av: Jostein Aardal. Publisert 07.11.06, lastet ned 23.02.06 fra: <http://www.namdalsavisa.no/Nyhet/article2395100.ece>

"Trøndersk bølgekraft sjøsettes" av: Asbjørn Gravås. Publisert 23.02.06, lastet ned 30.03.09 fra: <http://www.adressa.no/nyheter/okonomi/article624015.ece>

### Vedlegg I: Liste over informanter

| Navn                 | Organisasjon                                 | Dato   | Lokasjon  |
|----------------------|--|--|-----------|
| Anders Tørud         | Pelagic Power<br>AS/Impello<br>Management AS | Første gang: 27/3-09<br><br>Andre gang: 5/5-09 | Trondheim |
| Johannes Falnes      | NTNU   | 6/4-09   | Trondheim |
| Monika Bakke         | WaveENERGY AS                                | 6/4-09   | Tananger  |
| Nils Arne Nes        | NTE  | 14/4-09  | Steinkjer |
| Kjell Olav Skjølsvik | ENOVA  | 16/4-09  | Trondheim |

## Vedlegg II: Energienheter

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Effekt (W)</b> | Energi pr. tidsenhet (J/s) 1 TW = 1000 GW = 1 000 000 MW =<br>1 000 000 000 KW  |
| <b>Watttime</b>   | Kilowatttime (KWh): en kilowatt produsert eller forbrukt i en<br>time. Eksempel: en 40 watts lyspære tent i en time, bruker 40 Wh<br>elektrisk kraft. 1 TWh = 1000 GWh = 1 000 000 MWh = 1 000 000 000<br>KWh |

## Vedlegg III: Intervjuguide

### *Kort om informanten.*

- Hvilken stilling innehar du i organisasjonen?
- Når begynte du i jobben?
- Hvilken motivasjon hadde du for å begynne i jobben?
- Hva gjør du helt konkret i Pelagic Power AS?

### *Om bedriften.*

- Historien om bedriften frem til i dag?
- Hvordan er bedriften organisert i dag?
- Hvordan har dere tenkt å organisere bedriften når den vokser?
- Hva har dere fokus på i arbeidet for øyeblikket?
- Kan du beskrive teknologien bak bølgekraftverket?  
Hva gjør at den er konkurransedyktig, etter din mening?
- Hvordan ser dere at produksjonen av teknologien vil foregå i fremtiden?  
Lokal produksjon?  
Lokale leverandører?
- Hvilken strategi har dere for å nå massemarkedet?  
Har dere ambisjoner på det internasjonale markedet?  
Hvilke prognoser har dere for det fremtidige markedet?
- Hvordan forholder dere til usikkerheten knyttet til utvikling av ny teknologi?  
Hva gjør dere for å minske denne usikkerheten?
- Hvordan ser dere på fremtiden for bølgekraft generelt, og Pelagic Power spesielt?

### *Om det teknologiske innovasjonssystemet.*

- Hvilke aktører er involvert i virksomhet knyttet til kommersialisering av teknologien? (teknologiutvikling, skaffe underleverandører, markedsføring, salg, innhente kapital, kunnskapsutveksling etc.).
- Hvem gjør hva?
- Hvordan samarbeider dere?  
-Fortelle litt om hvordan dere håndterer problemløsning?
- Er det bevisst at de fleste (alle?) samarbeidspartnerne har lokal forankring?
- Når ble de ulike aktørene en del av nettverket/systemet?
- Hvorfor ble de en del av nettverket/systemet?
- Hvilken kompetanse hadde de som gjorde dem attraktive?
- Hvordan har de ulike aktørene bidratt?
- Hvem tok innledende kontakt?

### *Om de norske rammebetingelsene.*

- Hvordan opplever du de norske rammebetingelsene for virksomheten til Pelagic Power AS?
- Er det andre nasjoner som Norge burde se til for inspirasjon?  
-Evt. Hvorfor?

## **Funksjon 1**    *Entreprenøriale aktiviteter.*

- Kan du redegjøre for eksperimentering dere har gjennomført på teknologien?
- Hvor mange eksperimenter har dere hatt årlig?
- Hva var formålet med eksperimentene?
- Hva lærte dere av de enkelte eksperimentene?
- Hadde resultater fra disse eksperimentene noen innvirkning på videre fremdrift av prosjektet? Eks. ny forskning (F2) eller tilgang på ny kapital (F6)
- Har eksperimenter blitt avbrutt underveis?
  - Hvor mange, når og hvorfor?
- Hva har vært den største utfordringen i teknologiutviklingen så langt?

**Funksjon 2**     *Kunnskapsutvikling.*

- Litt om interne forskningsprosjekter dere har satt i gang for å bedre relevant kunnskap? Tidfeste disse etter hvilket år de ble satt i gang, hvis mulig.
- Hvilken ny kunnskap kom evt. fra disse prosjektene?
- Hvilken innvirkning hadde disse på teknologien? Ble den forbedret?
- I hvor stor grad har dere hatt utbytte av foreliggende kunnskap/teknologi?
- Hvor viktig har det vært å kunne samarbeide med NTNU?
- Hvilken strategi har dere på patentrettigheter?
  - Hvordan fordeler investeringer i IPR seg, etter år?
- Hvor mange patenter har dere sikret dere?

**Funksjon 3**     *Diffusjon av kunnskap.*

- Hvor mange konferanser/workshops har dere vært på som har omhandlet bølgekraft? Tidfeste etter år.
- Hva gjorde dere på disse arrangementene?
  - Formidlet dere resultater fra egne eksperimenter og egen forskning?
  - Lærte dere noe fra andre aktører?
- Hadde dere noen form for utbytte av å delta?
- Hva oppnådde dere i fellesskap som representanter for samme industri?
- Mener du at arrangementet hadde noen konsekvenser med tanke på tilgang på ressurser? (F6)
- Mener du arrangementet hadde noen innvirkning på legitimiteten av teknologi som skal hente kraft fra bølger? (F7)

**Funksjon 4**     *Styring av søk etter ny teknologi (Guidance of the search)*

- Hvilke begivenheter (politiske og sosiale) vil du trekke frem som positive for bedriftens (les: teknologiens) muligheter på markedet? (Resultert i økte forventninger)(F7)
- Når skjedde disse begivenhetene?
- Hvilke begivenheter vil du trekke frem som negative for bedriftens muligheter på markedet? (Senking av forventninger).(F7)
- Når skjedde disse begivenhetene?

**Funksjon 5**     *Markedsetablering.*

- Har dere noe bevisst forhold til nisjemarkeder?
- Føler du at det finnes en nisje for bølgekraftteknologi i Norge?
  - Internasjonalt?

- Har det kommet statlige reguleringer som i Deres øyne har økt mulighetene for å etablere et marked for bølgekraftteknologi?
- > fordelaktige reguleringer, feed-in-tariffer, subsidier
- Hvilke av disse har virket etter sin hensikt, i dine øyne?
- Hvor nære mener du dere er å få teknologien på markedet?
- Hva er viktigst for dere å ha fokus på i fremtiden for å lykkes med dette?
- Hvilke tiltak ville du anbefalt for å hjelpe bølgekraftteknologi på markedet?
- Har dere opplevd noen form for motstand fra det eksisterende regimet for energi?

**Funksjon 6**     *Ressursmobilisering.*

- Hvordan opplever dere at det er å få tilgang på de ressursene dere trenger?
- >kompetanse, kapital
- Hva har bidratt til å øke tilgangen på ressurser?
- Hva har evt. bidratt til å minske tilgangen på ressurser?
- Når fant disse begivenhetene sted?
- Hvordan har dere finansiert virksomheten så langt?
- Hvilken strategi har dere for finansiering i fremtiden?

**Funksjon 7**     *Skape legitimitet.*

- Hva har dere, og deres samarbeidspartnere, gjort for å fremme bølgekraft som en god kilde til fornybar energi?
- Finnes det en interessegruppe som fronter bølgekraft inn mot myndighetene?
- Samarbeider dere med andre aktører for å fremme bølgekraftteknologi?
- Når har dere gjort dette?
- Hva har dere evt. oppnådd?

*Avslutningsvis.*

- Hva har vært mest utfordrende i innovasjonsprosessen så langt?
- I lys av spørsmålene ovenfor, er det noe du føler jeg burde ha spurt om?
- Mener du noen av samarbeidspartnerne deres kan belyse ytterligere noe av det jeg har inne på i løpet av dette intervjuet?

Tusen takk for at du stilte som informant!